

Elektronische Betriebsgeräte für Glüh- und Entladungslampen, Leuchtdioden sowie lichttechnische und raumklimatechnische Messtechnik

CO₂ – Emissionen

Beobachtungen und Messungen an Eisbohrkernen am Südpol, in Hawaii, in der Schweiz etc. lassen heute keine Zweifel mehr daran zu, daß der atmosphärische CO₂-Gehalt seit Beginn der Industrialisierung von 280 ppm um das Jahr 1800 auf den heutigen Wert von 355 ppm, d.h. um beinahe 30 % zugenommen hat (Abb. 1). Für das Jahr 2050 wird ein Wert von 600 ppm wahrscheinlich ! Der PKW-Bestand wird von 800 Mio. in 2001 auf 1600 Mio. in 2030 steigen mit entsprechenden Folgen für die Umwelt.

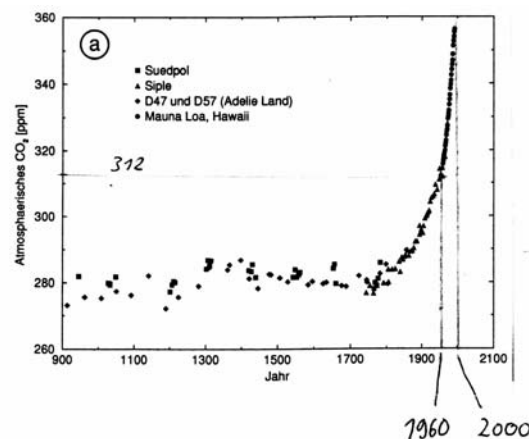


Abb.1 Anstieg des CO₂-Gehalts der Atmosphäre

Die jährliche CO₂-Weltemission liegt bei etwa 22 Mia. t, allein 14 Industrienationen emittieren rd. 17 Mia. t. (Abb. 2)



Abb. 2 CO₂ - Weltemission

Die Masse der Atmosphäre (Lufthülle) der Erde lässt sich leicht überschläglich berechnen aus der Erdoberfläche und dem Luftdruck:

Oberfläche der Erde:

$$A = 4\pi \cdot (\text{Erdradius})^2 = 12,56 \cdot (6370 \text{ km})^2 = 510 \text{ Mio. qkm}$$

$$\begin{aligned} \text{Masse der Atmosphäre } m &= 510 \text{ Mio. qkm} \cdot 1 \text{ kg / cm}^2 \\ m &= 5100000 \text{ Mia. t} \end{aligned}$$

Bezogen auf die Masse der Atmosphäre ergibt sich für den jährlichen CO₂ -Eintrag in ppm (part per million):

$$\frac{22 \cdot 10^9 \text{ t}}{51 \cdot 10^{14} \text{ t}} = 4,3 \cdot 10^{-6} = 4,3 \text{ ppm}$$

Die Ozeane und die Flora absorbieren etwa 2/3 der CO₂ - Emissionen, der verbleibende Anstieg der CO₂ - Konzentration beträgt immer noch alarmierende 1,25 ppm pro Jahr !!

Das Kyoto-Protokoll verlangt von der europäischen Union eine Reduktion der Treibhausgas-Emission um 8 % vom Stand 1990 bis 2008 ...2012. In der EU (15 Länder) werden jährlich 90 TWh im Wohnbereich und 160 TWh im industriellen und öffentlichen Sektor für die Beleuchtung verbraucht.

Das entspricht in etwa 15 % der gesamten Erzeugung elektrischer Energie.

Der o.g. Beleuchtungsenergieanteil (250 TWh) soll durch Anwendung energieeffizienter Beleuchtungstechnologien um 30 % reduziert werden (vgl. European Commission Energy-Efficient Lighting Initiatives und European Building Directive EC 2002b).

Der Verkaufsanteil von energieeffizienten elektronischen Vorschaltgeräten beträgt derzeit bedauerlicherweise nur etwa 15 %. Die lichttechnische Industrie und die Lichtanwender (Verbraucher) sind hier gefordert, einen signifikanten Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

Neue elektronische HF-Dimmer für Hoch- und Niedervoltglühlampen

Unter Netzurückwirkung versteht man die Wirkung von nichtsinusförmigen Verbraucherströmen am Innenwiderstand (Generator und Leitungen) des speisenden Netzes mit der Folge einer unerwünschten Spannungsverzerrung (Abweichung von der Sinusform) der Netzspannung

Ein hoher Leistungsfaktor reduziert die Blindströme und damit die ohmschen Verluste in den Netzleitungen der Stromversorgungs-Unternehmen. Verbraucher mit nichtsinusförmiger, impulsförmiger Stromaufnahme sind z.B.: TV-Empfänger, HiFi-Geräte, Computer, Dimmer für Glühlampen, dimmbare elektronische Transformatoren für Niedervolt-Halogenglühlampen, einfache elektronische Entladungslampen-Vorschaltgeräte ohne passive oder aktive Oberschwingungsbegrenzungsfilter sowie eine Vielzahl von Geräten, wo Phasenanschnitt- bzw. Abschnittsteuerungen mit Halbleiterbauelementen der Leistungselektronik zur Anwendung kommen.

Bei modernen elektronischen Dimmern für Glühlampen sind daher ein Leistungsfaktor von nahezu 1 und ein geringer Netzstrom-Oberschwingungsgehalt mit entsprechend geringer Verzerrungsleistung anzustreben, um unnötige Verluste zu vermeiden. Beides kann mit konventionellen Glühlampen-Dimmtechniken nicht erreicht werden.

Von diesem bekannten Stand der Technik geht die hier vorgestellte Neuentwicklung aus. (Deutsches Patent P 4433552A1, erteilt im Juli 2003)

Die Realisierung eines elektronischen Dimmers zum Betrieb von Niedervolt- und/oder Hochvoltglühlampen mit hohem Leistungsfaktor

und sehr geringen Netzstrom-Oberschwingungen wird anhand des Schaltplans in Abb. 3 erläutert.

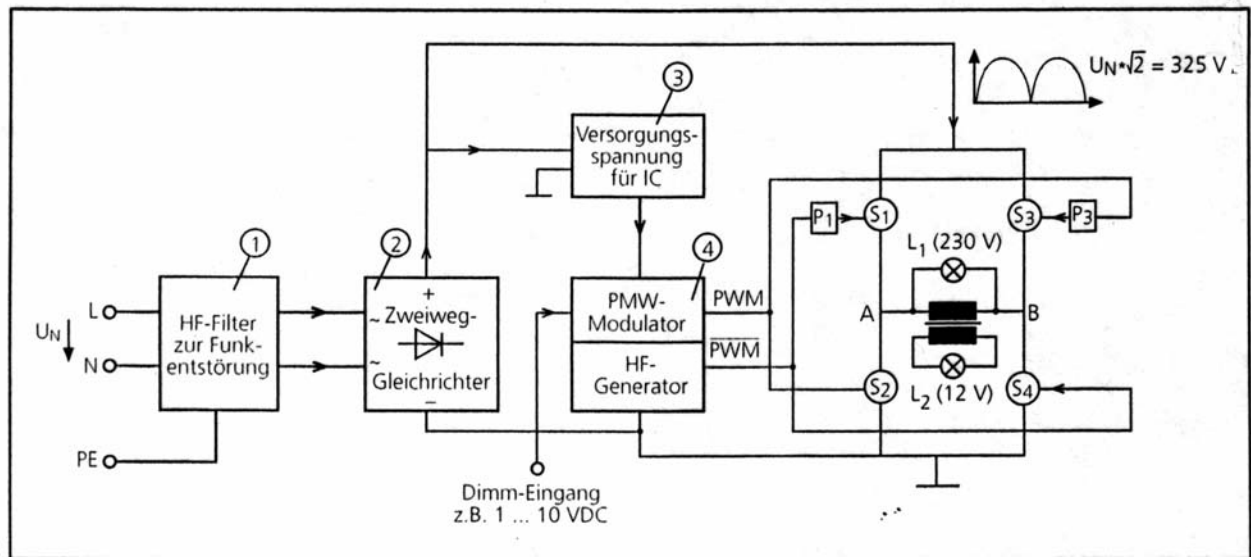


Abb. 3 Neuer HF-Dimmer für Hoch- und Niedervoltglühlampen

Die Netzspannung gelangt über ein Funkentstörfilter (1) und einen Zweiweggleichrichter (2) auf eine durch vier Halbleiterschalter (S1...S4, z.B. MOS-FET, IGBT, Bipolar-Transistor), gebildete H-Brücke, in deren Diagonale (A-B) direkt Hochvoltglühlampen und/oder mittels eines HF-Transformators Niedervoltglühlampen betrieben werden können.

Die Ansteuerung der vier Halbleiterschalter erfolgt über Hochvolttreiber mit einem HF-Generator mit integriertem Pulsweitenmodulator (4). Dieser erzeugt zwei gegenphasige Rechtecksignale mit variablem Tastverhältnis, wobei das PWM-Signal die Schalter S2 und S3 gleichphasig und das invertierte PWM-Signal die Schalter S1 und S4 gegenphasig ansteuert.

Bei dieser Betriebsweise ergibt sich in der Brückendiagonale (A...B) eine mit der Netzspannung (50 Hz oder 60 Hz) modulierte HF-Spannung, z.B. 20 kHz, mit variabler Pulsbreite, wodurch ein Dimmen von 0...100 % ermöglicht wird.

Durch die vollkommen symmetrische PWM-Steuerung der Vollbrücke ist der HF- Strom durch die Hochvoltglühlampen (L1) oder durch den HF-Transformator mit sekundärseitig angeschlossenen Niedervoltglühlampen (L2) auch beim Dimmen sinusförmig moduliert mit dem grossen Vorteil, dass der über das Funkentstörfilter geglättete Netzstrom weitestgehend sinusförmig und nahezu in Phase mit der

Netzspannung ist. Die Dimmfunktion kann über 1..10 V oder über DALI aktiviert werden.

Separate Phasenanschnitt- bzw. Phasenabschnittdimmer werden nicht mehr benötigt. Die Lampen verhalten sich auch beim Dimmen wie quasi ohmsche Widerstände, was insbesondere die EVU's erfreuen dürfte. (Abb. 4)

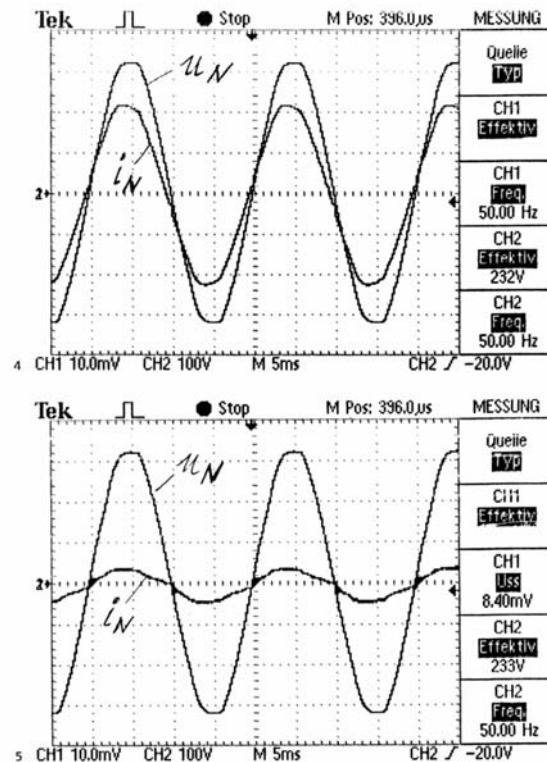


Abb. 4 U/I-Zeitverläufe

Es ist zu erwarten, dass die bisher übliche Glühlampen-Dimmtechnik mit stark verzerrten, nichtsinusförmigen Netzspeiseströmen in naher Zukunft nicht mehr zulässig sein wird, da die Netzurückwirkungen nicht akzeptabel sind (vgl. IEC 555, EN 61000-3-2, DIN VDE 0721)

Dimmbare Energiesparlampe mit Edisonsockel

Bisher sind Energiesparlampen mit Edisonsockel nicht dimmbar. Hierdurch wird die Anwendbarkeit – speziell im Wohnbereich – eingeschränkt, da das Dimmen von Glühlampen selbstverständlicher Standard ist, auf den man auch beim Einsatz von Energiesparlampen nicht verzichten möchte.

Das neue Konzept einer dimmbaren Energiesparlampe (DE 19636634A Dt. Patentamt) besteht entweder aus einem einteiligen System, bei dem die Leuchtstofflampe, das Dimm-EVG und der Edisonschraubsockel untrennbar miteinander verbunden sind (Abb. 5) oder aus einem

Adapter mit integriertem Dimm-EVG und Edisonschraubsockel mit separater, aufsteckbarer Vierstift-Kompaktleuchtstofflampe (Abb. 6), der Stromlaufplan ist in Abb. 7 dargestellt.

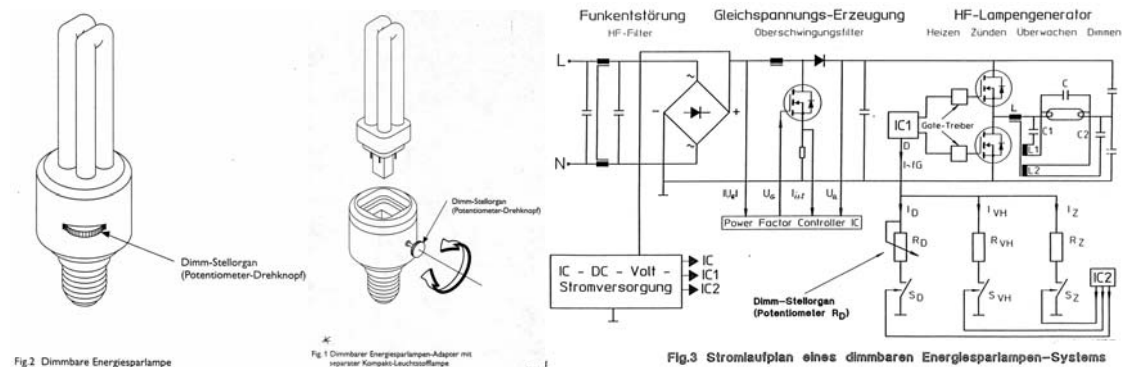


Abb. 5,6,7 Dimmbare Energiesparlampe

Das manuelle Dimmen der beiden Varianten wird durch ein am Lampensockel zugängliches Stellorgan, z.B. ein Potentiometer bewirkt. Vorgesehener Dimmbereich: 100 %.....10 %

Bei allen Leuchten, die sich im Wohnbereich bzw. am Arbeitsplatz im Handbereich befinden, wie z.B. Hänge-Leuchten über dem Eßtisch, Tischleuchten, Stehleuchten, Nachttischleuchten usw. kann auf eine aufwändige Fernsteuerung der Dimmung über die Netzleitung etc. verzichtet werden. In den USA werden sogar Wohnraum-Leuchten mit Glühlampen, die mehrere umschaltbare Wendeln besitzen, direkt am Lampensockel zwecks Veränderung des abgegebenen Lichtstroms über einen Stufen-Drehschalter von Hand betätigt.

Das zweiteilige System (Abb. 6) hat den grossen Vorteil, dass der elektronische Dimm-Adapter mit integriertem Edisonschraubsockel etwa 4 bis 5 Lampen betreiben kann.

Dagegen wird beim einteiligen System nach Ende der Lampenlebensdauer (ca. 8000 Stunden) auch das elektronische Betriebsgerät entsorgt, obwohl seine Lebensdauer etwa 40000 Betriebsstunden betragen kann. Hieraus resultiert eine unnötige Belastung der Umwelt mit Elektronikschrott sowie eine verminderte Wirtschaftlichkeit der einteiligen Dimm-Energiesparlampe.

Wirtschaftliche Bedeutung: Wenn jeder der etwa 30 Mio. deutschen Haushalte einen Dimm-Adapter (geschätzter Verkaufspreis ca. 10 EUR) erwerben würde, entspräche das einem Umsatz von 300 Mio. EUR. Für Europa bedeutet dies ein Umsatzpotenzial von 1,4 Mia. EUR ! Bedauerlicherweise sind bislang in nur 30 % der europäischen Haushalte ca. 135 Mio. Energiesparlampen im Einsatz.

Moderne EVG-Schaltungskonzepte

Hochwertige EVG's weisen folgende Merkmale auf:

- a) Zündung der Lampe bis -20°C
- b) Betrieb der Lampe im Temperaturintervall -20°C bis $+60^{\circ}\text{C}$
- c) Abschalten des EVG im Fehlerfall
- d) Vorheizung der beiden Lampenwendeln
- e) Sicherheitsabschaltung bei Lebensende (z.B. Wendelbruch, Gleichrichtereffekt)
- f) „Cut Off“-Schaltungsprinzip bei nicht dimmbaren EVG's, d.h. Abschalten der Wendeldauerheizung
- g) Automatisches Wiederzünden nach Lampenwechsel
- h) Leistungskonstanz bei Netzspannungsschwankungen
- i) Flackerfreier Dimmbetrieb von 100 % bis 1 %
- j) Digitale Technologie zur Lampensteuerung (DALI, DSI, EIB, LON, DMX)
- k) Digitale Regelung mittels ASIC bzw. Microcontroller
- l) Automatisches Erkennen unterschiedlicher Lampentypen
- m) EVG-Management durch intelligente adaptive Software
- n) Lampenstart in allen Dimmbereichen
- o) Tageslichtabhängige Dimmung über Lichtsensor
- p) Übertragung von EVG-Steuersignalen über IR, Funk, Kabel
- q) EVG geeignet für Notbeleuchtung
- r) Erfüllung aller relevanten EVG-Normen:

Sicherheit (EN60928), Arbeitsweise (EN60929),

Netzstromoberschwingungen (EN61000-2-3), Funkentstörung von 9 kHz bis 30 kHz (EN55015), Immunität (EN61547)

Die Abb. 8 zeigt die Komponenten eines Standard-EVG für

Leuchtstofflampen, in Abb.9 ist ein hochintegriertes digitales EVG für LL dargestellt und Abb. 10 erläutert relevante digitale Funktionen des Microcontrollers.

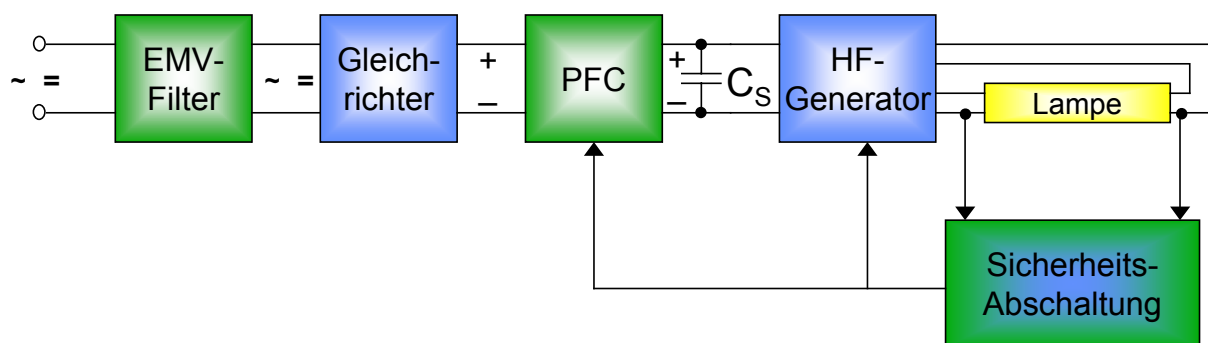


Abb. 8 Aufbau eines Standard-EVG

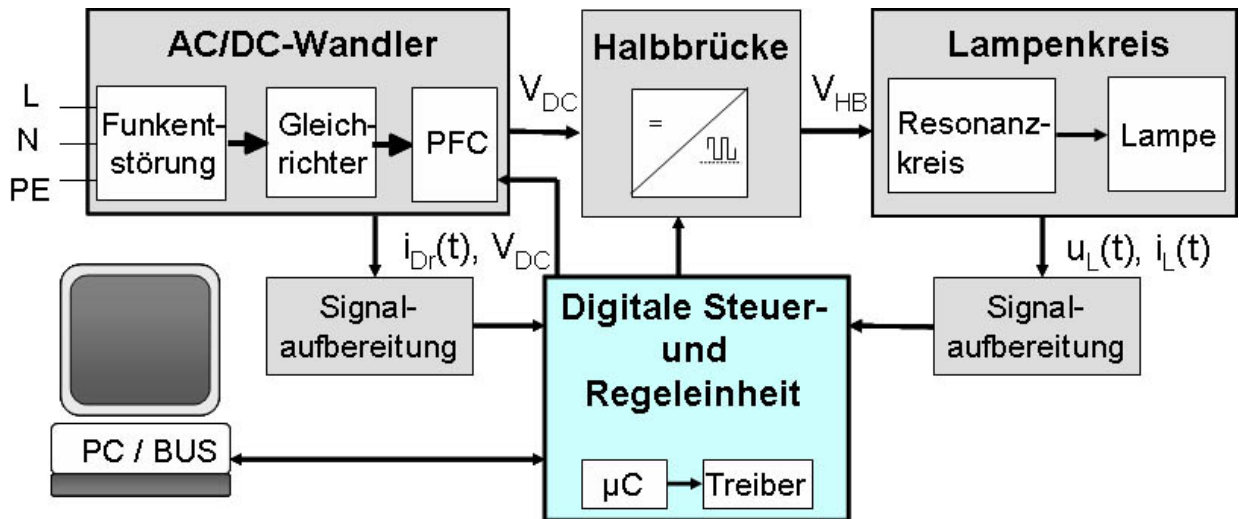


Abb. 9 Hochintegriertes EVG

Digitale Funktionen des Microcontrollers

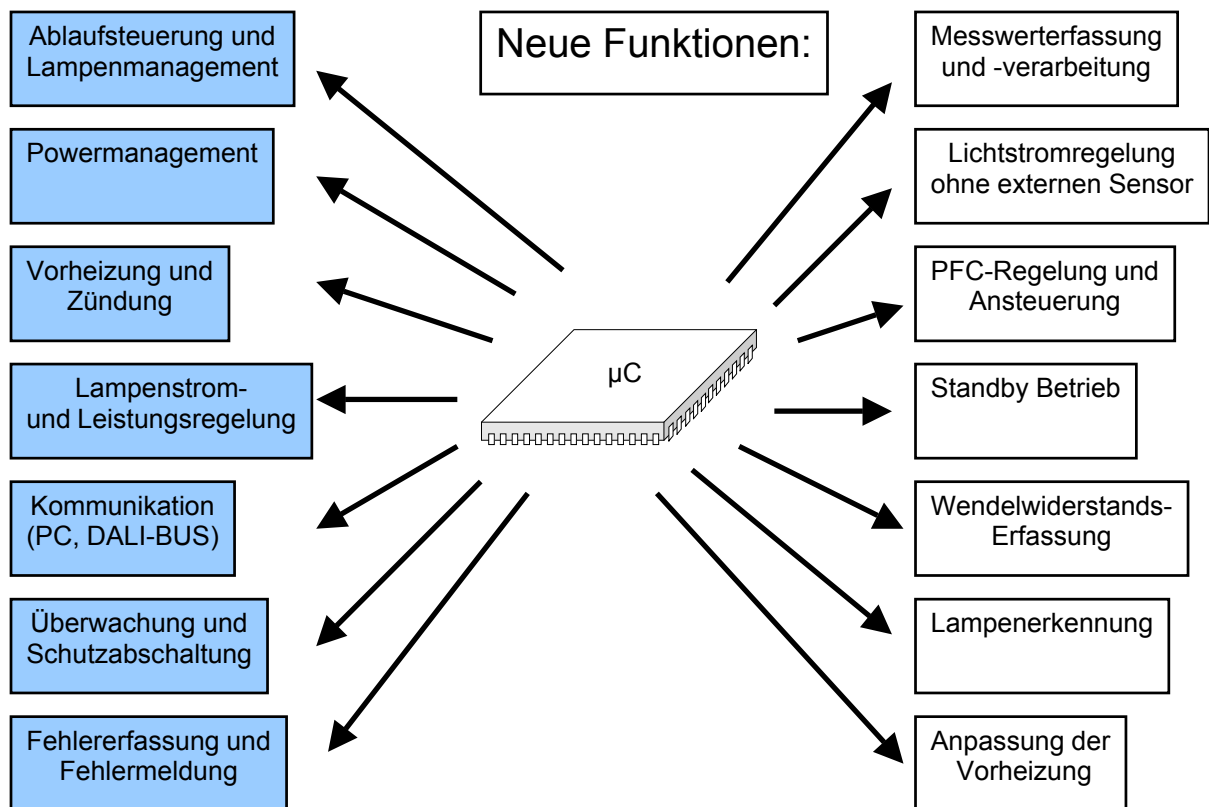


Abb. 10 EVG mit Microcontroller

Elektronische HF-Vorschaltgeräte für Kaltkathoden-Leuchtröhren

Die bislang zum Betrieb von Leuchtröhren (sog. Neonröhren) üblichen klassischen Streufeldtransformatoren und Konstantstromtransformatoren für 50 Hz (60 Hz) sind voluminös, schwer und weisen relativ hohe Verluste auf. Abb. 11 zeigt den Blockschaltplan eines neuen elektronischen Vorschaltgerätes für Hochspannungsleuchtröhren, bestehend aus EMV-Filter, AC/DC-Wandler mit Oberschwingungsbegrenzungsfilter, HF-Generator, HF-Streufeldtransformator, IC-Versorgung, Dimmsteuerschaltung sowie Erdschluß- und Leerlaufschutzschaltungen.

Dimmbares elektronisches HF-Vorschaltgerät für Kaltkathoden-Leuchtröhren 20 mA, 3 kV

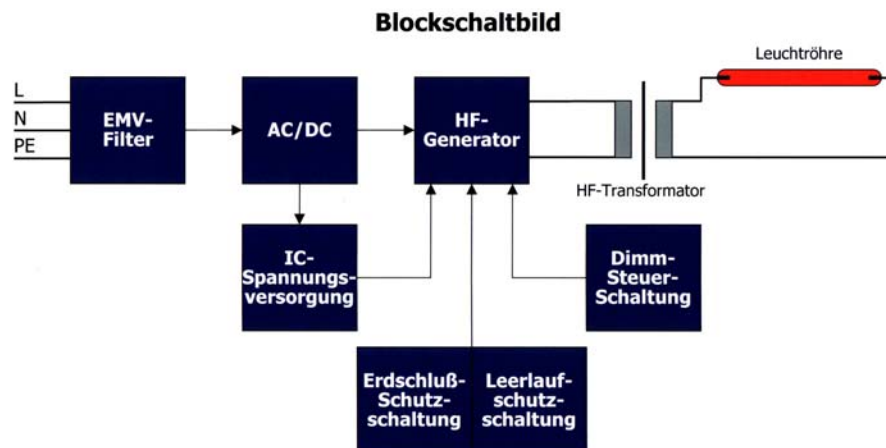


Abb. 11 EVG für Hochspannungs-Leuchtröhren

Dieses neue elektronische Betriebsgerät weist vergleichbare Vorteile wie die EVG's für Leuchtstofflampen auf und wird zunehmend die bisher verwendeten klassischen Streufeldtransformatoren vom Markt verdrängen.

HF-Betriebsgerät für Leuchtdioden mit Konstantwechselstrom-Speisung

Es handelt sich um eine neuartige, aus einer Konstantwechselstromquelle gespeiste Schaltungsanordnung für Leuchtdioden. Bekannt ist die Schaltung zum Netz-Wechselspannungsbetrieb von Leuchtdioden nach Abb. 12, bestehend aus einer Konstantwechselspannungsquelle, z.B. 230 VAC, 50 Hz, die eine Reihenschaltung aus einem ohmschen Vorwiderstand R_v , einer Schutzdiode und der LED versorgt.

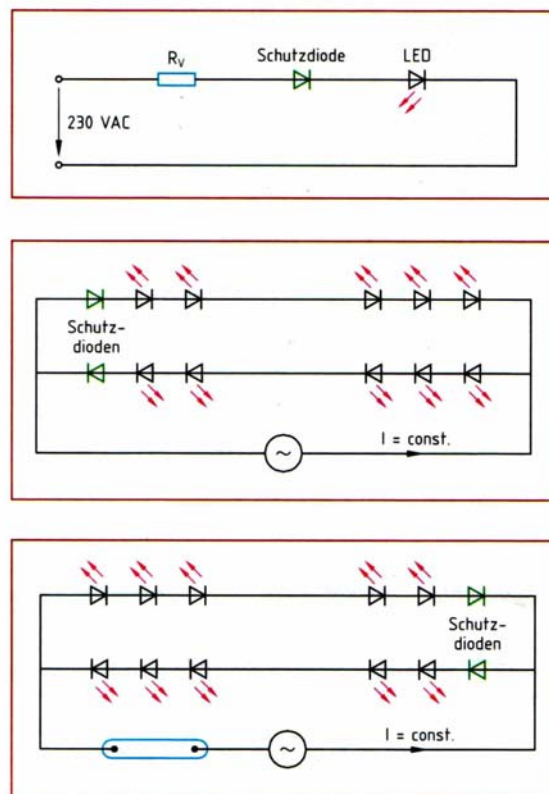


Abb. 12,13,14 LED-Betriebsschaltungen

Nachteilig ist der erforderliche Vorwiderstand zur LED-Strombegrenzung, da er erhebliche ohmsche Verluste bewirkt. Außerdem muss zusätzlich eine Schutzdiode vorgesehen werden mit hoher Sperrspannung, um die LED vor einem Durchbruch während der Sperrhalbschwingung zu schützen.

In Abhängigkeit von der Anzahl der LED's muss jeweils der Vorwiderstand angepasst werden, um den zulässigen LED-Strom zu gewährleisten. Netzspannungsschwankungen beeinflussen nachteilig den LED-Strom.

Die neu vorgestellte Lösung vermeidet die genannten Nachteile, indem gemäß Abb. 13 in einfacher Weise zwei jeweils in Reihe geschaltete LED-Ketten antiparallel verbunden werden und gemeinsam aus einer Konstantwechselstromquelle gespeist werden.

Derartige Konstantwechselstromquellen werden z.B. verwendet, um Kaltkathoden-Leuchtröhren (vgl. Neonröhren) zu betreiben.

Sie bestehen im Wesentlichen aus Streufeldtransformatoren und können mit Netzfrequenz oder neuerdings auch mit Hochfrequenz betrieben werden. Derartige Geräte liefern beispielsweise einen sinusförmigen Effektiv-Konstantstrom von 30 mA, d.h. jede LED-Kette wird dann mit einem zulässigen Einweg-Effektivstrom von 21,14 mA versorgt. Da diese Konstantwechselstromquellen in der Regel Leerlaufspannungen von etwa 1000 V bis 8000 V aufweisen, kann somit eine sehr grosse Anzahl von LED's – einige Hundert bis einige Tausend – außerordentlich kostengünstig mit nur einem elektronischen Versorgungsgerät betrieben werden.

Als zusätzliche Schutzmaßnahme müssen lediglich zwei weitere hochsperrende Schutzdioden in jeder LED-Kette angeordnet werden, um bei Unterbrechung einer LED-Kette die gegenüberliegende LED-Kette vor zu hoher Sperrspannung zu schützen.

Die Fluss-Spannung von Leuchtdioden ist abhängig von ihrer Lichtfarbe und dem LED-Strom und liegt im Bereich von etwa 1,5 V bis 3,5 V. Durch die Konstantstromspeisung entfallen die üblichen ohmschen Vorwiderstände und die Anzahl der zu betreibenden LED's kann zwischen $N = 1$ und $N = N_{\max}$ variieren – abhängig von der maximalen Betriebsspannung der Konstantwechselstromquelle. Eine individuelle Anpassung des Betriebsgerätes an die gewünschte LED-Zahl kann seitens des Anwenders entfallen.

Beispiel: Mit einem Versorgungsgerät mit 3 kV/ 30 mA (Preis etwa 40 EUR) können rd. 2700 LED's betrieben werden, d.h. nur 1,4 cent pro LED !

Bei Werbeanlagen sind weltweit Kaltkathoden-Leuchtröhren in sehr großer Zahl im Einsatz. Es können nun in einfacher Weise auch derartige Leuchtröhren nach Abb. 14 in Reihenschaltung mit den LED-Leuchtdiodenkettten betrieben werden . Auch diese Kombination kann von Nieder- bzw. Hochfrequenz-Konstantwechselstromquellen gespeist werden.

Aus Sicherheitsgründen besitzen diese Geräte eine Leerlaufabschaltung, eine Erdschlußabschaltung und sind kurzschlußfest, wodurch eine hohe elektrische Sicherheit gewährleistet ist.

Funkferngesteuerter Scheinwerfer und Funkdimmer für Leuchtstofflampen

Die wichtigsten drahtlosen Technologien sind neben Infrarot-Fernsteuerungen derzeit Bluetooth, Wireless LAN und verschiedene anmelde- und gebührenfreie ISM-Band-Varianten (434 MHz, 868 MHz und 2,4 GHz). ISM steht für **I**ndustrial, **S**cientific und **M**edical. Abb. 15 zeigt das Schema einer Funkfernsteuerung mit Funksender, Funkempfänger, Microcontroller, Daten- und Adresseingabe sowie Interface-Einheiten zum Ansteuern der Positioniermotoren, zum Dimmen und für das Ein- und Ausschalten der Halogenleuchte.

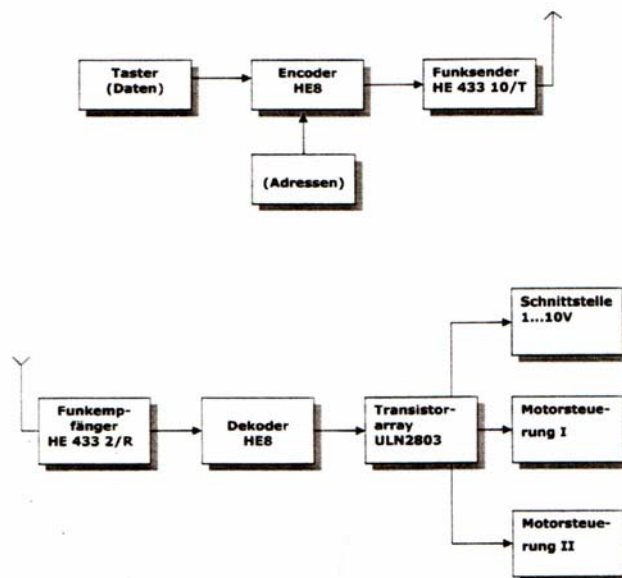


Abb. 15 Blockschaltplan

Die Funkverbindung zum Scheinwerfer ist im ISM-Band (433 MHz) mit digitaler Frequenzmodulation realisiert. Der batteriebetriebene Handsender weist die Funktionstasten Ein/Aus, Positionieren in zwei Achsen, sowie Dimmen (Up/Down) auf. Bis zu 100 Scheinwerfer können adressiert werden (Adressen 00 – 99).

Der Funkdimmer für Leuchtstofflampen generiert eine 1-10 V-Steuerspannung für Dimm-EVG's sowie Befehle zum Ein- und Ausschalten.

Anwendungen: Allgemeinbeleuchtung in Innenräumen, Beleuchtung von Kaufhaus-Schaufenstern, Messeständen, Ausstellungshallen, Bühnen, Museen usw..

Messung der Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte, Lichtstärke, Lichtstrom und Reflexionsgrad

Die Bedeutung der Lichttechnik, gemessen am Gesamtumsatz der Elektrotechnik, nimmt ständig zu. Damit wird auch das Erfordernis einer exakten Messung der lichttechnischen Grundgrößen, wie Beleuchtungsstärke, Lichtstärke, Leuchtdichte und Lichtstrom immer wichtiger.

Da die Messung des Lichtstroms, der Lichtstärke und der Leuchtdichte letztlich mittels des photometrischen Grundgesetzes auf die Messung der Beleuchtungsstärke zurückgeführt werden kann, kommt dieser Messgröße eine zentrale Bedeutung zu.

Forderungen an einen Beleuchtungsstärkemesser

1. Bewertung nach $V(\lambda)$, der spektralen Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges (Abb. 16);
2. Kosinusgetreue Bewertung des einfallenden Lichtes (Abb. 17);
3. Linearer Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Photostrom;
4. Geringe Temperaturabhängigkeit, Alterung und Ermüdung des Lichtsensors;
5. Bewertung des zeitlich linearen Mittelwertes auch bei welligem Licht (z.B. wechselstrombetriebene Entladungslampen) gemäß dem Talbot-Plateauschen Gesetz;
6. Großer Messbereich, so dass mit nur einem Gerät folgende Messungen möglich sind:
 - a. Messung von Tageslicht im Bereich bis 200.000 lx;
 - b. Messung der Beleuchtung in Innenräumen bis 2.000 lx;
 - c. Messung geringer Beleuchtungsstärken, z.B.; Straßenbeleuchtung bis 20 lx;
 - d. Notlichtmessung im Bereich bis 2 lx;
7. Einfache Bedienung, d.h. keine Anwendung von Schwächungsfiltern und Korrekturfaktoren;

8. Fehlerfreie Ablesung der Messergebnisse durch digitale Messwertanzeige;

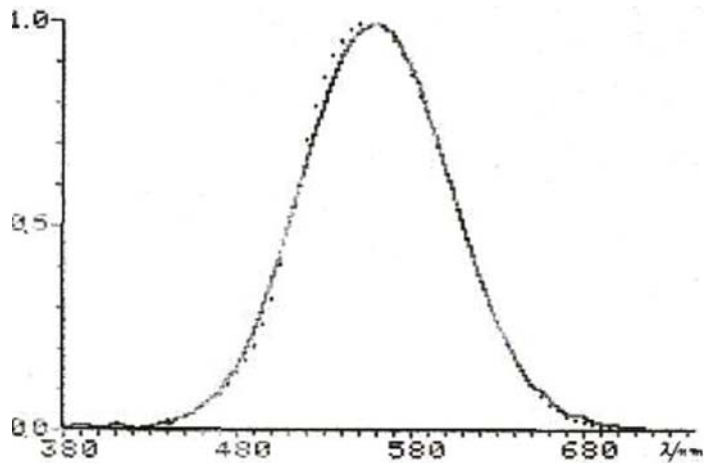


Abb. 16. Relative spektrale Empfindlichkeit des Silizium-Photoelements.
Punkte = $V(\lambda)$ -Kurve nach CIE

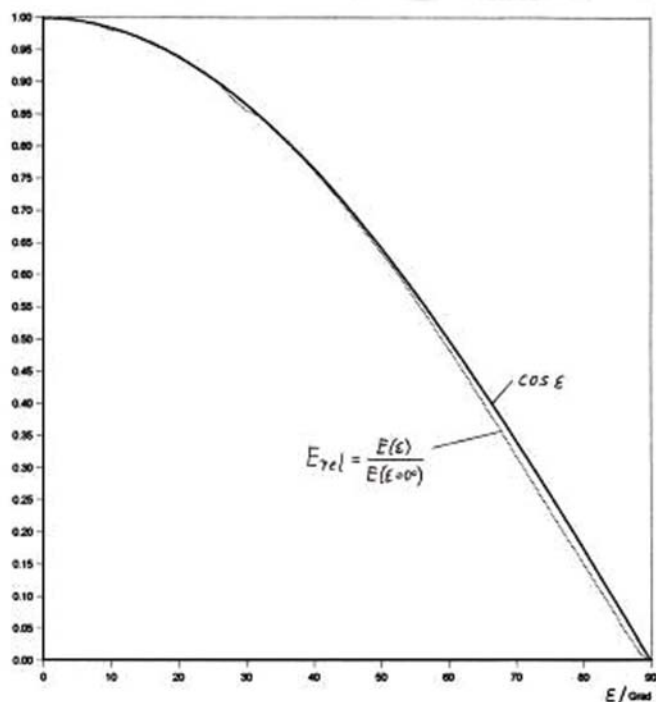


Abb.17. Kosinus-Angleich des Photoelements

Digitalluxmeter "Minilux"

Es handelt sich um ein neuentwickeltes, portables Beleuchtungsstärkemessgerät für universelle Anwendung in der gesamten Lichttechnik.

Abb. 18 zeigt den Blockschartplan des Minilux Gerätes.

Es werden zwei Präzisions Operationsverstärker mit extrem kleinem Biasstrom verwendet, um sowohl der Forderung nach einer hohen Messempfindlichkeit (Auflösung = 1 mlx) als auch der Bewertung des zeitlich linearen Mittelwertes von gepulsten Na-Xe Hochdrucklampen mit einem Lichtstrom-Verhältnis $\Phi_{\max} / \Phi_{\min} = 20:1$ zu entsprechen (Abb.19). Der erste Verstärker OPA1 sorgt für die Bereichsumschaltung und der zweite OPA2 arbeitet als mittelwertbildender aktiver Tiefpassverstärker.

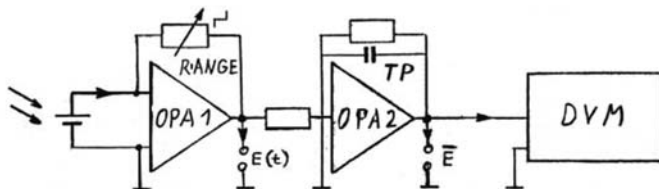


Abb.18 Mini-Luxmeter-Prinzipschaltung

Handelsübliche Luxmeter sind meist nur für ein Lichtstrom-Verhältnis $\Phi_{\max} / \Phi_{\min} = 2:1$ (Hochdrucklampe ohne Leuchtstoff) dimensioniert. Deshalb kann bei der Messung von gepulsten Lampen eine Übersteuerung auftreten mit der Folge erheblicher Messfehler.

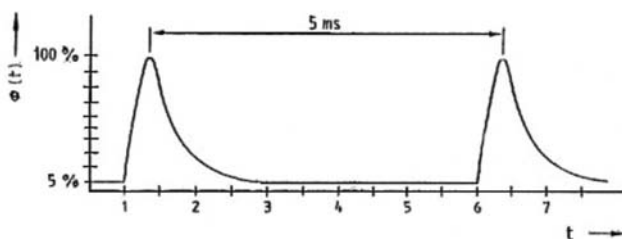


Abb. 19 Lichtstrom-Zeitverlauf von gepulsten Na-Xe-Lampen

Dieser unangenehme Effekt kann auch bei allen derzeit im Laborbereich vorhandenen Lichtmeßsystemen auftreten. Der Photometriker sollte deshalb vor Messung dieser neuen Leuchtmittel seine Laborphotometer hinsichtlich der Eignung für gepulstes Licht kritisch untersuchen, um evtl. Fehlmessungen zu vermeiden, insbesondere, wenn es sich um gutachtliche Messungen oder die Erstellung von Katalogdaten handelt.

Die wichtigsten technischen Daten des Minilux sind:

Silizium-Photoelement mit $V(\lambda)$ - und \cos -Angleich. Durchmesser der lichtempfindlichen Fläche $D = 11 \text{ mm}$. 6 Messbereiche, Messumfang: 1

mlx (Auflösung) bis 199900 lx.

0.000...1.999 lx	(Notlichtmessung)
00.00...19.99 lx	(Straßenbeleuchtung)
000.0...199.9 lx	(Innenbeleuchtung)
0.000...1.999 klx	(Innenbeleuchtung)
00.00...19.99 klx	(Tageslichtmessung)
000.0...199.9 klx	(Tageslichtmessung)

- Klasse B nach DIN 5032, Teil 7
- Crestfaktor 15
- Dual-Slope-Digitalvoltmeter mit Autozero
- 7-Segment LC-Display
- Automatische Low-Bat-Anzeige, wenn $U_{\text{Bat}} < 7\text{Volt}$
- Stromaufnahme nur etwa 2 mA
- 9 Volt-Lithium-Blockbatterie mit 1,2 Ah, Betriebszeit des Minilux mit dieser Hochleistungsbatterie etwa 500 Stunden !
- Analogausgang 1: Zur Messung des Zeitverlaufs der relativen Beleuchtungsstärke $E(t)$ mit einem Oszilloskop
- Analogausgang 2: 0...199.9 mVDC für Schreiber, PC etc.
- 4-Sekunden-Selbstausröser mit Anzeige-Holdfunktion incl. Display-Beleuchtung ,z.B. geeignet für abschattungsfreie Notlichtmessung
- Abmessungen: L 157 x B 84 x H 30 mm, Gewicht = 300 g
-

Anwendungsbereiche

Neben der Messung der Beleuchtungsstärke eignet sich das Gerät auch für die Messung von Lichtstärkeverteilungen mittels des photometrischen Entfernungsgesetzes:

$$I/\text{cd} = E / \text{lx} * (R/\text{m})^2$$

für Lichtstrommessungen gemäß:

$$\Phi/\text{lm} = E/\text{lx} * A/\text{m}^2$$

und für die Messung mittlerer Leuchtdichten mit einem speziellen Vorsatz-Tubus.

Tubus zur einfachen und preiswerten Leuchtdichtemessung mit dem MINILUX-Beleuchtungsstärke-Messgerät.

Der Bewertungswinkel beträgt 13 Grad. Es können hiermit Leuchtdichten im Bereich von 1 cd/m^2 bis $19,99 \text{ Mcd/m}^2$ (6 Messbereiche) gemessen werden, vgl. Abb. 20 , 21, 22. Die Auflösung beträgt $0,1 \text{ cd/m}^2$, dieser Wert entspricht einem Beleuchtungsstärkewert von 1 mlx (Auflösung des MINILUX).



Abb. 20,21,22 Digitalluxmeter „Minilux“ mit Tubus für Leuchtdichtemessung

Die Geometrie des Tubus ist so berechnet, dass der Zusammenhang zwischen Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke sehr einfach ist.

$$L = 100 \cdot E \quad \text{mit } E \text{ in lx folgt } L \text{ in } \text{cd/m}^2$$

Um Blendungen zu vermeiden, gilt in Innenräumen:

$$L \leq 1000 \text{ cd/m}^2$$

Die Prozedur der Leuchtdichtemessung ist sehr einfach: Der Tubus wird auf das Photoelement aufgesetzt und die zu messende leuchtende Fläche anvisiert. Der vom MINILUX angezeigte Lux-Wert wird mit dem konstanten Faktor 100 multipliziert und liefert die mittlere Leuchtdichte der gemessenen Fläche in cd/m^2 .

Wenn das MINILUX-Gerät mit Analogausgängen ausgerüstet ist, kann mittels Leuchtdichte-Tubus auch eine hochwertige tageslichtabhängige Lichtsteuerung in Verbindung mit Dimm-EVG's realisiert werden.

In Kombination mit einem Oszilloskop kann auch sehr leicht durch Messung der Leuchtdichte-Welligkeit festgestellt werden, welche

Leuchten in einem Raum mit welchen Vorschaltgeräten bestückt sind (z.B. KVG, EVG, gepulste EVG).

Der Reflexionsgrad von diffus reflektierenden Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decken, Böden, Arbeitsflächen etc.) kann durch eine Leuchtdichte- und Beleuchtungsstärkemessung leicht ermittelt werden:

$$\rho = \frac{\pi \cdot L / \frac{cd}{m^2}}{E / lx}$$

Häufig werden vorausberechnete Beleuchtungsstärken auf Arbeitsflächen, z.B. 500 lx, nicht erreicht, weil die tatsächlichen Reflexionsgrade niedriger sind als die für die Planung vereinbarten Werte. Mit der Möglichkeit der einfachen Reflexionsgradmessung mit dem MINILUX kann deshalb die Ursache einer zu geringen Beleuchtungsstärke aufgedeckt und mögliche Reklamationen wegen zu geringer Beleuchtungsstärke abgewehrt werden.

Weitere Applikationen:

- Lichtstrommessung in Verbindung mit der Ulbrichtschen Kugel;
- Steuerung der Ein- und Ausschaltung der Straßenbeleuchtung und Helligkeitssteuerung für Straßentunnel;
- Messungen an lichttechnischen Bau- und Kunststoffen (Reflexion, Transmission, Absorption, Extinktion etc.);
- Messungen an Solaranlagen;
- Lichtmessungen in der Fernseh-, Film- und Fototechnik;
- Lichtmessungen in der Physik, Optoelektronik, Meteorologie, Botanik, Biologie, Medizin.

Exzenter-Drehspiegel-Goniophotometer zur Messung von Lichtstärkeverteilungen und Lichtströmen von Lampen und Leuchten

Das Konstruktionsprinzip ist in Abb.23 dargestellt. Die patentierte exzentrische Anordnung von Spiegel und Lichtquelle ist kostengünstig und erlaubt eine geringe Bauhöhe. Photometrische Fehler durch unerwünschte Interflexionen zwischen Spiegel und Leuchte - bis zu +10% bei herkömmlichen Drehspiegelsystemen ! - werden durch diese

relativ einfache Bauweise vermieden. (Abb. 24,25)
 Rechnergeführte Drehspiegelsysteme werden vorzugsweise in der
 Leuchtenindustrie eingesetzt.

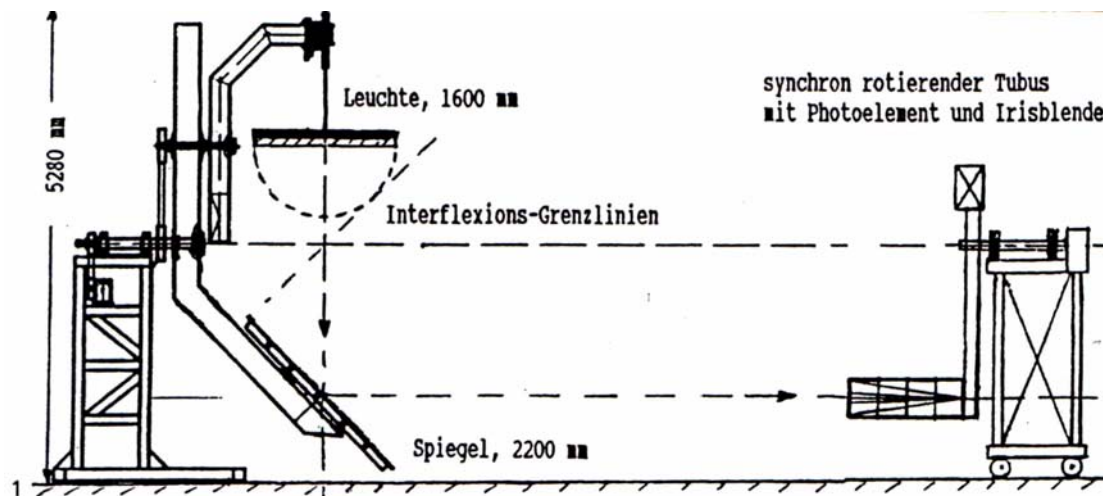


Abb. 23 Neuartiges Exzenter-Drehspiegel-Goniophotometer

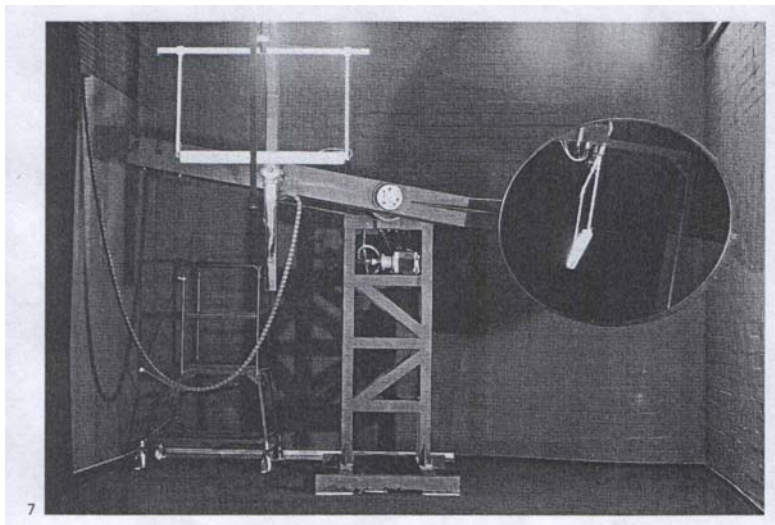


Abb.24 Exzenter-Drehspiegelsystem

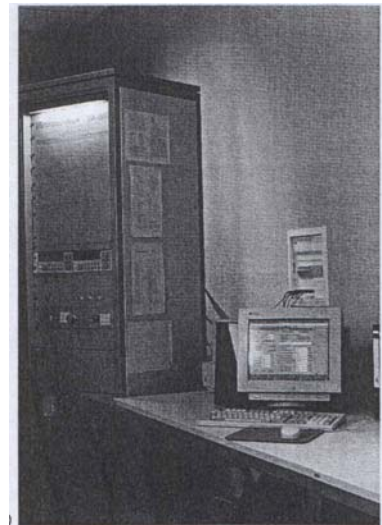


Abb. 25 Mess-Elektronik

Kardan-Goniophotometer

Mit diesem Gerät können die Lichtströme und Lichtausbeuten von
 Lichtquellen in ruhender, beliebiger Brennlage gemessen werden (Abb.
 26). Bei spiralförmiger Abtastung (Abb. 27) ergibt sich eine sehr kurze
 Messzeit (ca. 5 Minuten). In der PTB und bei der Firma RADIUM sind
 derartige Meßsysteme installiert.

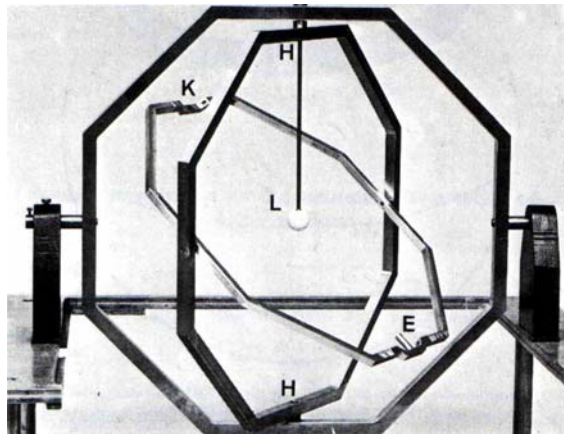


Abb. 26 Kardan-Goniophotometer

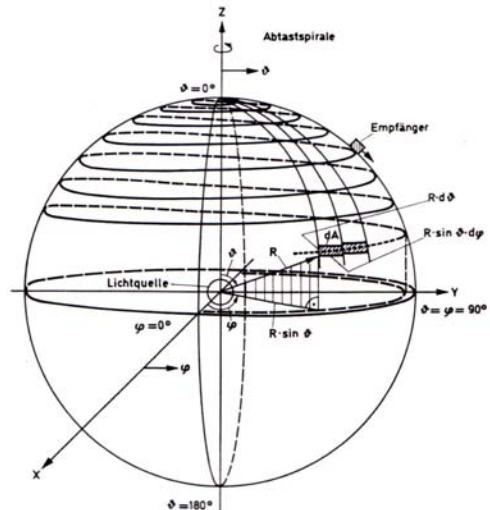
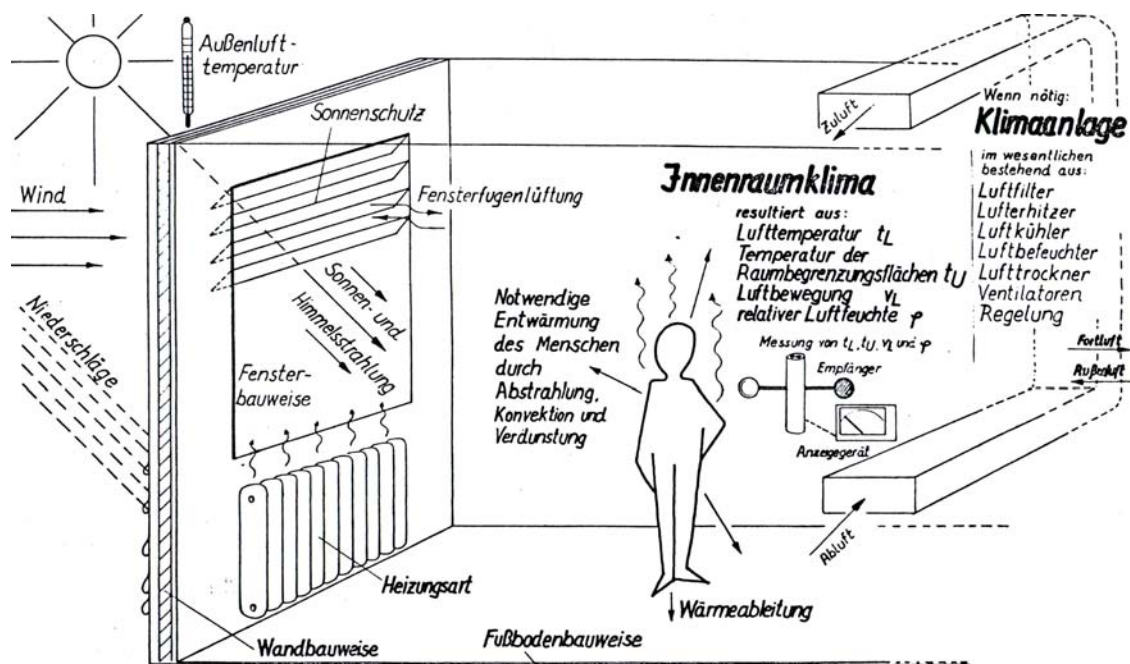


Abb. 27 Abtast-Spirale

Beleuchtung und Raumklima

Thermische Lasten in Gebäuden, die vor allem durch die Beleuchtung und die Sonneneinstrahlung erzeugt werden, bestimmen die Auslegung einer Klima-Anlage. Das thermische Behaglichkeitsempfinden von Menschen in Räumen wird durch folgende Einflußgrößen bestimmt:

Raumlufttemperatur, Temperatur der Raumbegrenzungsflächen, relative Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, empfundene Temperatur, Kleidungsgewohnheiten und Art der Tätigkeit. Das Schema in Abb. 28 zeigt den Menschen im thermischen Klima des umbauten Raumes.



Der Mensch im thermischen Klima des umbauten Raumes

Abb. 28 Raumklima-Messtechnik

Mit einem in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt entwickelten speziellen Elektronischen Raumklima-Analysators (Abb. 29 und Abb. 30) können in wenigen Minuten die o.g., zur Beurteilung des thermischen Raumklimas relevanten Parameter, gemessen und anhand eines Nomogramms ausgewertet werden.

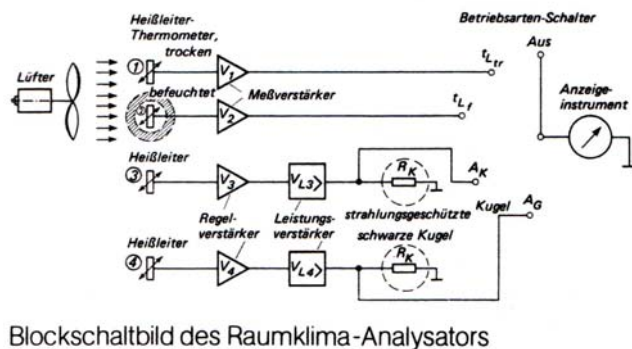


Abb. 29 Mess-Elektronik

Elektronischer Raumklima-Analysator MS01A



Abb. 30 Klima-Messgerät

Der Primärenergieverbrauch von Gebäuden kann u.a. signifikant durch lichttechnische Maßnahmen reduziert werden:

Einsatz von energieeffizienten Lampen und Leuchten mit verlustarmen elektronischen Vorschaltgeräten, tageslichtabhängige Lichtregelung, erweiterte und bessere Nutzung des Tageslichtes sowie Verbesserung des äußeren Sonnenschutzes

Literaturangaben

- Marx, P.: Elektronischer HF-Dimmer für Hoch- und Niedervoltglühlampen
Deutsches Patent Nr. 44 33 552 , erteilt am 15.1.2004
- Marx, P.: Dimmbare Energiesparlampe, DE 19 63 66 34 A1
Deutsches Patentamt
- Marx, P.: Schaltungsanordnung zum Betrieb von Leuchtdioden mit Konstantwechselstromspeisung
DE 19 95 03 88.5, Deutsches Patentamt

- Marx, P.: Neue Goniophotometer für lichttechnische Laboratorien
LICHT, Nr. 7-8/1997, Seiten 602...605
- Ris, H.: Beleuchtungstechnik für Praktiker
VDE AZ Fachverlage, 3. Auflage 2003,
ISBN 3-8007-2725-0
- Heering, W.: Abb. 8, 9, 10; Lichttechnisches Institut
der Universität Karlsruhe

Kontakt

Prof.-Dr.-Ing. Peter Marx
University of Applied Sciences
TFH-Berlin, FB VII Elektrotechnik
Luxemburger Str. 10
D-13353 Berlin
E-Mail: marx@tfh-berlin.de
www.tfh-berlin.de
www.mx-electronic.com
www.litg.de



Prof. Dr.-Ing. Peter Marx

Zum Autor

Hochschullehrer für das Lehrgebiet Elektronische Messtechnik im
Fachbereich Elektrotechnik und Feinwerktechnik der TFH-Berlin –
University of Applied Sciences – Berlin.

LiTG-Mitglied seit 1965, Mitglied im DNK der CIE und der DfWG,

Mitarbeiter im DIN-Normenausschuss Lichttechnik FNL 3 Photometrie.

Studium der Elektrotechnik und Lichttechnik an der TU Berlin. 1966 Abschluss als Diplom-Ingenieur. 1974 Promotion zum Doktor-Ingenieur. 1974 bis 1977 Lehrbeauftragter für elektronische Messtechnik und seit 1977 Professor für Elektronische Messtechnik und Elektrotechnik an der TFH-Berlin.

Seit 1966 Tätigkeit als beratender Ingenieur auf dem Gebiet der Lichtmesstechnik. Im Jahr 1967 Entwicklung eines Digitalluxmeters und anschließend Gründungsgesellschafter der Firma Optronik GmbH.

Durchführung diverser Technologie-Transfer-Projekte: Lichtstrom und Lichtstärkeverteilungsmess-Systeme für die Lampen- und Leuchtenindustrie. Entwicklung eines Miniluxmeters.

1991 Verleihung des Berliner Umweltpreises für die Entwicklung von dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen durch den Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz.

Wissenschaftlich-technischer Berater der Zeitschrift LICHT.

Ab 1996 stellvertretender Aufsichtsratsvorsitzender der Semperlux AG – Lichttechnische Werke – Berlin.

Vorstandsmitglied (Schatzmeister) der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V. (LiTG) ab 01.01.2001

Datei: Light & Building Vortrag 2004