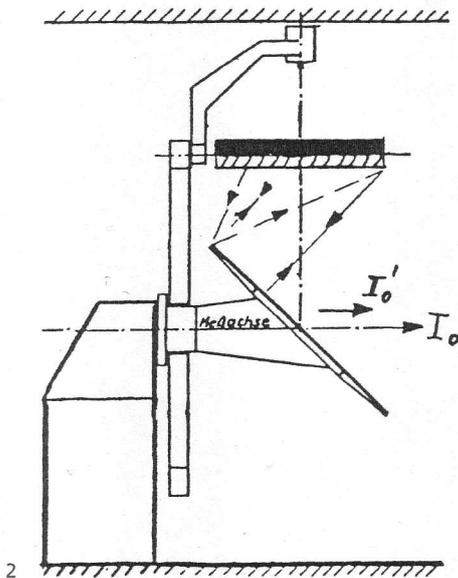
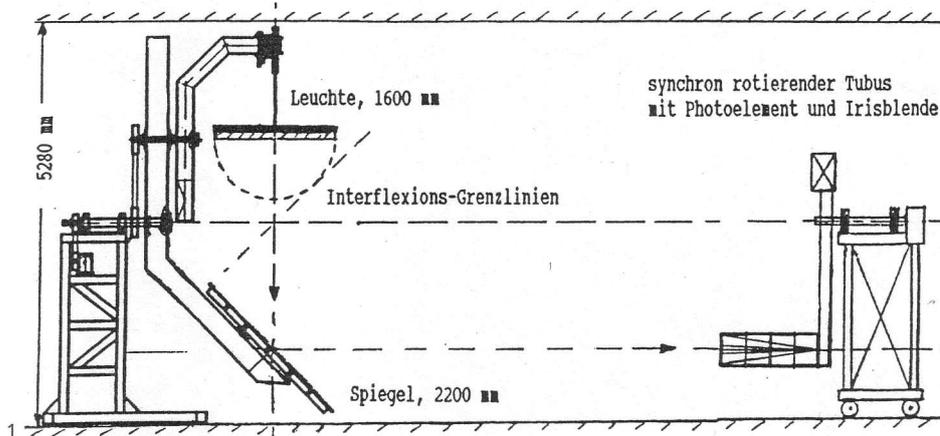


Neue Goniophotometer für lichttechnische Laboratorien

Peter Marx



In der Beleuchtungstechnik zeichnen sich gegenwärtig folgende aktuelle Trends ab:

- **Lichterzeugung**
Minimierung vieler Lampenarten und zunehmender Einsatz von energieeffizienten Hochfrequenzbetriebsgeräten (EVG's).
- **Lichttransport und -verteilung**
Reduzierung der Leuchtenabmessungen und Anwendung von hochreflektierenden Materialien, faseroptischen Lichtleitern und Lichtleitrohren.
- **Lichtsteuerung und Installation**
Optimale Lichtregelung mit dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten in Abhängigkeit vom verfügbaren Tageslicht, der Zeit und der Personenbewegung mittels moderner Datenkommunikations-Bussysteme.

Mit diesen neuen Techniken lassen sich bis zu 75 % der Stromkosten für die Beleuchtung einsparen, bei gleichzeitiger relevanter Entlastung der Umwelt durch reduzierte Kraftwerksemissionen. (vgl. Treibhauseffekt, CO₂ etc.)

1 Exzenter-Drehspiegel-Goniophotometer mit reduzierter Bauhöhe (5 000 mm).

2 Gebräuchliche Drehspiegelkonstruktion mit nicht ausreichendem Abstand zwischen Leuchte und Spiegel und dem Risiko von Interflexions-Fehlern (Bauhöhe ca. 6 500 mm).

1 Eccentric rotating-mirror goniophotometer with reduced installation height (5,000 mm).

2 Widely used rotating-mirror configuration, with insufficient space between the light source and the mirror, with the consequent risk of interflexion errors (installed height is approx. 6,500 mm).

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx, Technische Fachhochschule Berlin, Fachbereich Elektrotechnik, Berlin
Fotos: Semperlux GmbH, Berlin

Labor-Goniophotometer

Entwicklung und Konstruktion energieeffizienter Lampen und Leuchten erfordern eine präzise photometrische Meßtechnik mit geeigneten Photometern.

Es werden zwei den o. g. Ansprüchen genügende Goniophotometer-Systeme für photometrische Messungen vorgestellt:

Exzenter-Drehspiegel-Goniophotometer

zur Messung von Lichtstärkeverteilungen und Lichtströmen von Lampen und Leuchten (Bild 1) [1], [2]. Dieses ist durch eine erheblich reduzierte Bauhöhe (etwa 5 m) – mit entsprechender Kostenersparnis – gekennzeichnet und vermeidet gleichzeitig durch einen ausreichenden Abstand zwischen Lichtquelle und Spiegel mögliche Meßfehler durch Mehrfachreflexionen zwischen Spiegel und Leuchte, die bei bisher üblichen Drehspiegelkonstruktionen auftreten können und u. U. in Abhängigkeit von der Leuchtenkonstruktion (Prismenwannen, Reflektoren usw.) einen richtungsabhängigen positiven Lichtstärkefehler bis etwa 10 % bewirken können, wie Frederiksen gezeigt hat.

Die bisherigen Konstruktionen (Bild 2) mit zentrischer Anordnung des Spiegels in der Hauptachse müßten eine Bauhöhe von über 8,5 m haben, um derartige Interflexionen sicher auszuschließen (Bild 3).

Die Problematik des zu kurzen Abstandes zwischen Leuchte und Spiegel ist in Bild 4 erläutert. Leider können Fehler dieser Art nur mit Photometern, die diesen prinzipiellen geometrisch-optischen Fehler nicht aufweisen, entdeckt werden.

Den Betreibern von Drehspiegel-Goniophotometern wird deshalb dringend empfohlen, die Geometrie ihrer Meßanordnungen hinsichtlich dieser Fehlerart zu überprüfen, insbesondere, wenn hiermit Meßgutachten bzw. Katalogdaten erstellt werden.

Kardan-Goniophotometer

Mit diesem Gerät können die Lichtströme und Lichtausbeuten von Lichtquellen in ruhender, beliebiger Brennlage gemessen werden (Bild 5). Bevorzugte Anwendung bei Lampenherstellern und Staatsinstituten, z. B. Messung von Kompakt-Leuchtstofflampen und anderen lage- und bewegungs-sensitiven Leuchtmitteln. Zwei derartige Systeme sind in Deutschland im Einsatz [3].

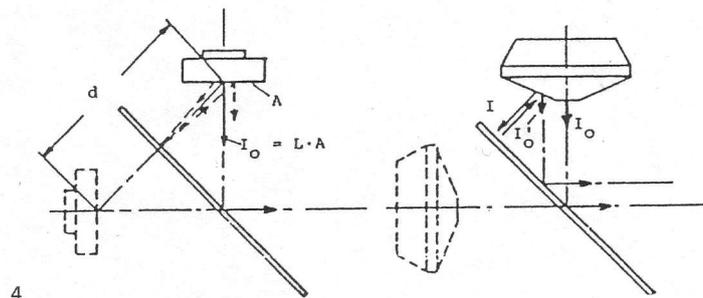
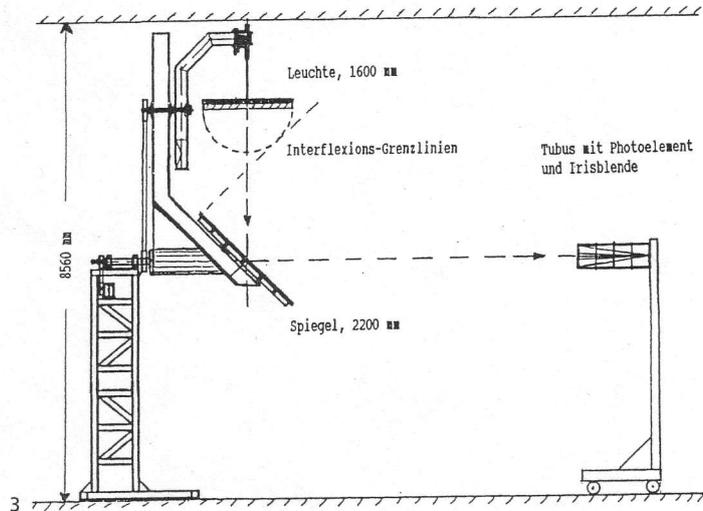
Positionier-Antriebe, Meß- und Steuerungs-Elektronik

Für die Bewegungen der Spiegel- und Leuchtenachse (Rotation und Lageregelung) werden Roboter-Positionierantriebe mit Drehstrom-Synchron-Servomotoren (mit Seltene-Erden-Magnetwerkstoffen) verwendet. Die Bestromung erfolgt mittels sinus-bewerteter Pulsweitenmodulation (PWM). Die Winkel werden mit 15-Bit-Graycode-Gebern erfaßt (Auflösung rd. 0.01°). Die exakte Messung von gepulsten Na-Xe-Hochdrucklampen erfordert spezielle Photostromverstärker, die gemäß dem Talbot-Plateauschen Gesetz den zeitlich linearen Mittelwert auch bei diesen exotischen Lichtstrom-Zeit-Verläufen mit Phi-max/Phi-min = 20:1 richtig bewerten, ohne in die Übersteuerung zu gelangen (Bild 6).

Übliche Luxmeter sind meist nur für ein Verhältnis von Phi-max/Phi-mittel = 2:1 (Hochdrucklampe ohne Leuchtstoff) dimensioniert. Der Photometriker ist gut beraten, wenn er vor Messung dieser Leuchtmittel sein Photometer hinsichtlich der Eignung für gepulstes Licht kritisch untersucht, um evtl. Fehlmessungen zu vermeiden [4], [5].

Software

Die Anwender-Software wurde in der Programmiersprache C++ unter Windows erstellt. Die Bedienung erfolgt menügeführt mit graphischen Dialogkomponenten (Eingabemasken, Menütabellen, Icons usw.) überwiegend mit der Maus und ergänzend mittels Tastatureingaben, so daß eine einfache intuitive Bedienbarkeit bei vorliegender Kenntnis von Microsoft Windows gewährleistet ist.



3 Konventionelles Drehspiegel-Goniophotometer mit Ausschluß von Interflexionen (Bauhöhe ca. 8 500 mm!).

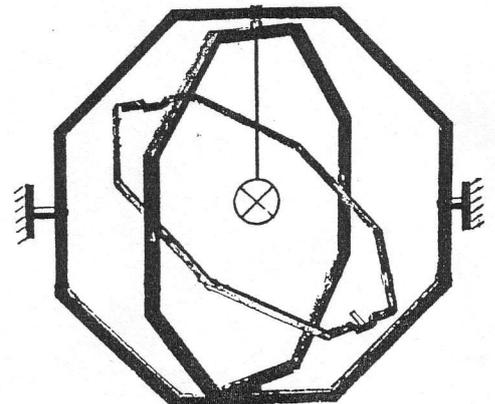
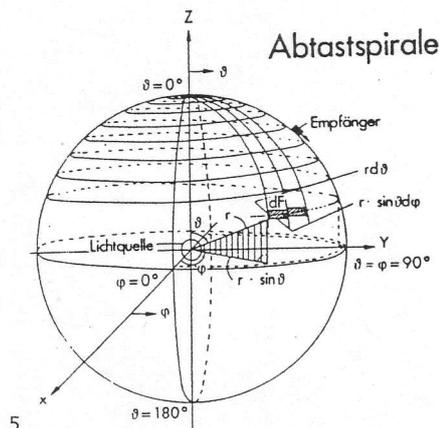
3 Conventional rotating-mirror goniophotometer with exclusion of interflexions (N.B.: installation height = approx. 8,500 mm).

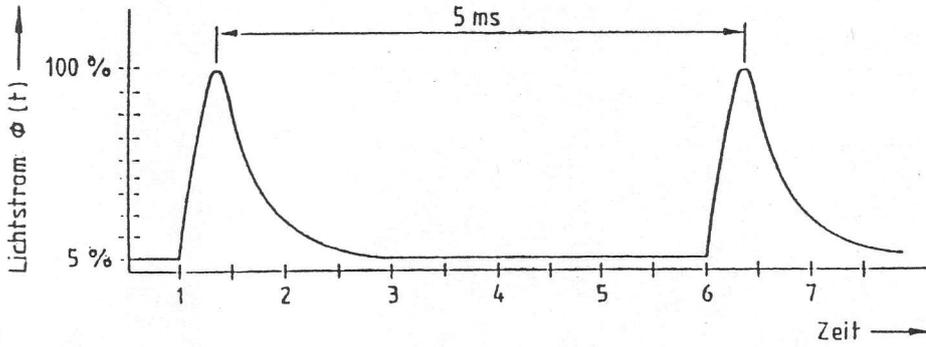
4 Zur Problematik der Mehrfach-Reflexionen zwischen Leuchte und Spiegel (I₀ kann bis etwa 0,1 I₀ betragen!).

4 Elaboration on the problem areas involving multiple reflections between light source and mirror (N.B.: I₀ can be up to approx. 0.1 I₀).

5 Kardan-Goniophotometer zur Messung von lage- und bewegungssensitiven Leuchtmitteln.

5 Kardan goniophotometer for the measurement of light sources which are sensitive with respect to position and movement.

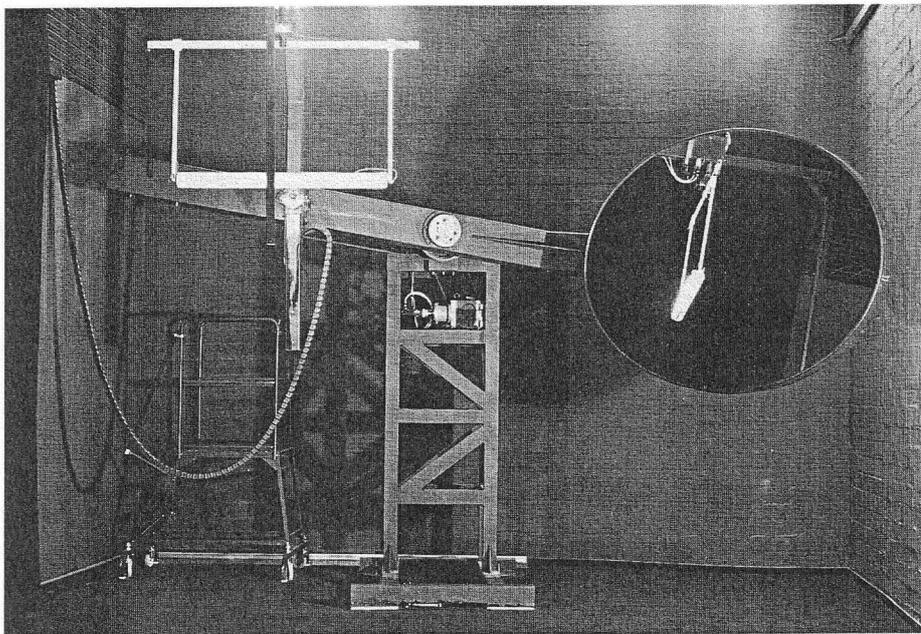




6

6 Lichtstrom-Zeitverlauf von gepulsten Na-Xe-Lampen.

6 Plot with respect to time of the luminous flux of pulsed Na-Xe lamps.



7

7 Exzenter-Drehspiegelmechanik ($\gamma = 80^\circ$).

8 Exzenter-Drehspiegelmechanik ($\gamma = 180^\circ$).

9 Exzenter-Drehspiegel-Mechanik ($\gamma = 10^\circ$).

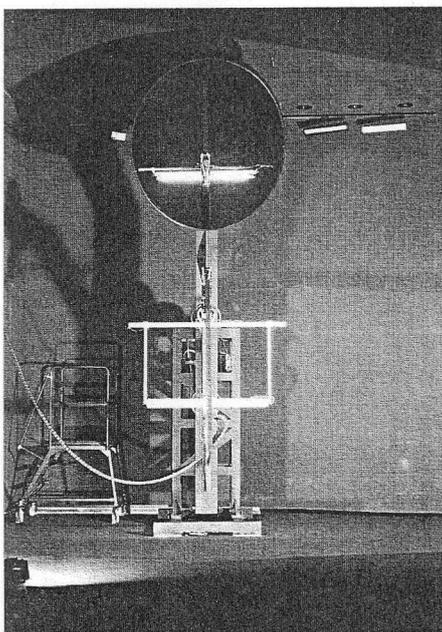
10 19"-Schrank mit Meß- und Steuerungselektronik sowie PC.

7 Eccentric rotating-mirror mechanical system (γ approx. = 80°).

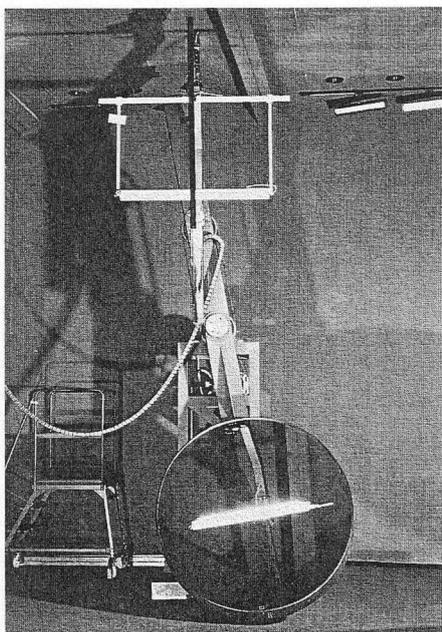
8 Eccentric rotating-mirror mechanical system (γ approx. = 180°).

9 Eccentric rotating-mirror mechanical system (γ approx. = 10°).

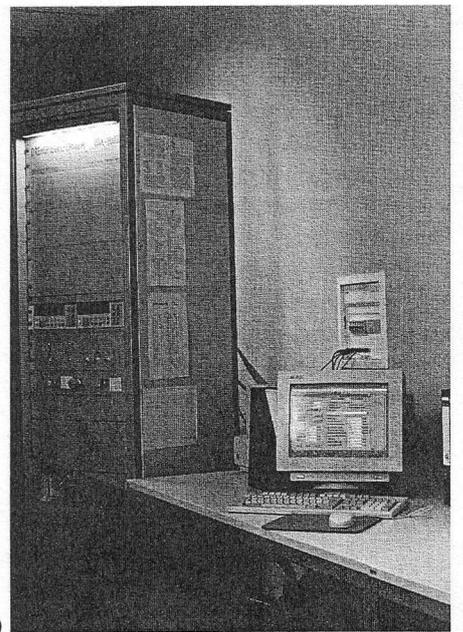
10 19" rack with electronic measuring and control systems and PC.



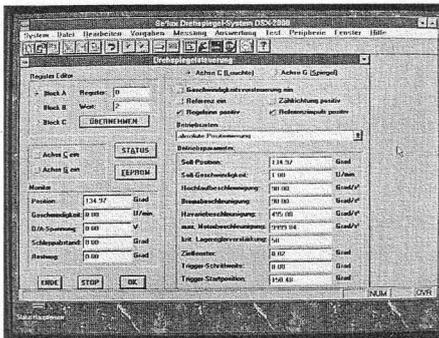
8



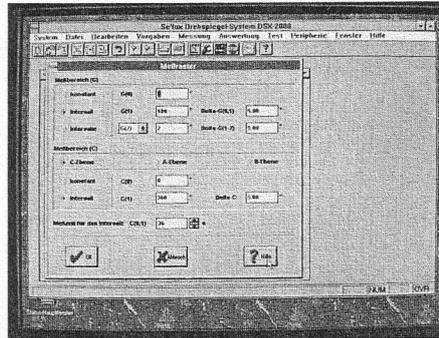
9



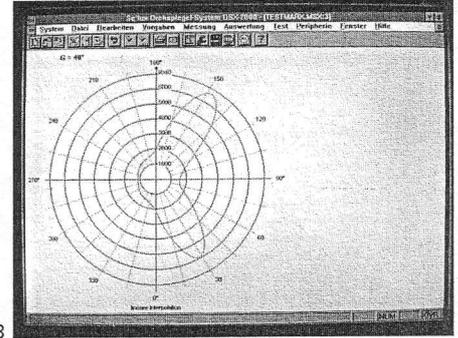
10



11



12

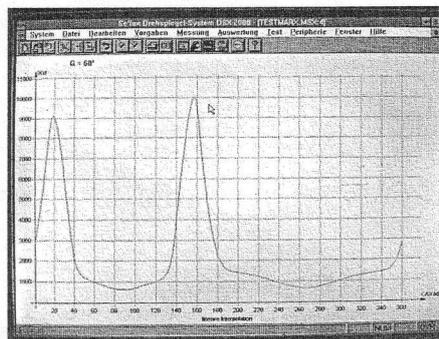


13

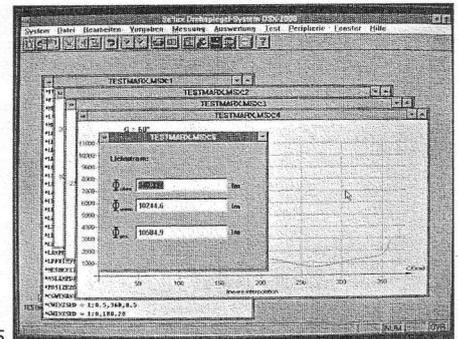
Das beschriebene preisgünstige Exzenter-Drehspiegel-System (Systempreis rd. 250 000 DM) wurde 1995/96 bei einem bekannten Leuchtenhersteller in Berlin installiert (Bilder 7–15).

Der Autor dankt an dieser Stelle Herrn Dipl.-Ing. Albert, Semperlux GmbH, für seine Mitwirkung bei der Konstruktion der Exzenter-Drehspiegel-Mechanik mittels einer HP-CAD-Anlage.

14



15



Literatur

- [1] Marx, P.: Exzenter-Drehspiegelsystem zur Lichtmessung, Deutsches Patent Nr. 38 02 115, 1996
- [2] Marx, P. u. Strung, K.: Ein modernes computergesteuertes Drehspiegel-System, LICHT 11/81 .
- [3] Galaschik, H. u. Marx, P.: Kardan-Photometer zur Lichtmessung, Deutsches Patent Nr. 22 26 253, 1977
- [4] DIN 5032, Lichtmessung
- [5] Ris, H.: Natrium-Xenon-Lampe mit umschaltbarer Farbtemperatur, LICHT 2/94

New goniophotometers for light laboratories

Developments in the following areas have become apparent in the field of lighting engineering:

- * *Light sources*
Minimisation of sizes of many types of lamps, and the increasing use of energy-efficient high-frequency ballast and control equipment for fluorescent luminaires
- * *Transmission and distribution of light*
Reduction of luminaire dimensions, and the application of high-reflection materials, optical-fibre cables and optical-fibre rods
- * *Light control and installation*
Optimal light control with dimmable electronic ballast equipment, implemented by advanced data-communications bus systems, with control carried out in accordance with available daylight, time of day and the movement of persons

These new technologies allow users to save up to 75 % of energy costs for lighting – with attendant relief of environmental burdens by reduction of power-plant emissions (i.e., involving greenhouse effect, CO₂, etc.).

- 11 Windows-Bedienoberfläche für Positionierantriebe.
- 12 Eingabe-Maske für LVK-Meßparameter.
- 13 LVK in Polarstellung.
- 14 LVK in kartesischen Koordinaten.
- 15 Ergebnisfenster für Lichtstromintegration.
- 11 Windows user interface for positioning drives.
- 12 Form for entering data for the parameters of light distribution curves (LDC).
- 13 Light distribution curve (LDC) in polar position.
- 14 Light distribution curve (LDC) in Cartesian co-ordinates.
- 15 Window showing results for luminous flux integration.