

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 63 (1972)  
**Heft:** 6  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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:** 20.02.2026

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

## SC 22E, Alimentations stabilisées

Das SC 22E behandelte unter dem Vorsitz seines Präsidenten, J.E.J. Ankersmit (NL) drei Entwürfe für stabilisierte Speisegeräte. Der erste Entwurf, Dokument 22E(Secretariat)4, IEC-Recommendations for stabilized power supplies, d. c. output, Part 3: Tests, der sich ausschliesslich mit den zulässigen Grenzen und der Messung der Radio-Störspannungen von stabilisierten Gleichspannungs-Speisegeräten befasst, konnte dank der tatkräftigen Mitwirkung des schwedischen Mitgliedes des CISPR soweit bereinigt werden, dass der revidierte Entwurf nun der 6-Monate-Regel unterstellt werden soll.

Auch der zweite Entwurf, Dokument 22E(Secretariat)9, IEC-Recommendations for stabilized power supplies, d. c. output, Part 2: Rating and Performance, soll nach seiner Bereinigung auf Grund der an den Sitzungen des SC 22E beschlossenen Verbesserungen der 6-Monate-Regel unterstellt werden. Nach Diskussion des dritten Entwurfes, Dokument 22E(Secretariat)10, IEC-Recommendations for stabilized power supplies, d. c. output,

Part 4: Tests other than EMI, sprach sich eine Mehrheit der Delegierten für die Unterstellung des bereinigten Dokumentes unter die 6-Monate-Regel aus. Da jedoch diese Mehrheit als ungenügend erachtet wurde, beschloss das SC 22E, diesen Entwurf der von der CEI neuerlich vorgeschlagenen «beschleunigten Prozedur» für die Behandlung von Entwürfen zu unterstellen. Gemäss dieser Prozedur wird der bereinigte Entwurf den Nationalkomitees mit der Bitte unterbreitet, kurzfristig zu antworten, ob sie ihn als genügend reif für die Unterstellung unter die 6-Monate-Regel erachten. Wird hierfür eine genügende, zustimmende Mehrheit erhalten, so gilt der Entwurf als dieser Regel unterstellt.

Nach Bereinigung der oben aufgeführten Entwürfe für stabilisierte Speisegeräte mit Gleichstrom-Ausgang erachtete das SC 22E die Arbeiten für diese Geräte als vorläufig abgeschlossen. Es beschloss daher, nun an die Ausarbeitung von CEI-Empfehlungen für stabilisierte Speisegeräte mit Wechselstrom-Ausgang heranzutreten.

W. Brandenberger

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Elektrische Maschinen — Machines électriques

#### Francisturbinen für eine Fallhöhe von 672 m

[Nach A. Hammer: Rosshag — Francisturbinen für eine Fallhöhe von 672 m. ELIN-Z., 23(1971)2/3, S. 45...48]

Sorgfältige wirtschaftliche Vergleiche, bei denen auch die Risiken mit den Vorteilen abgewogen worden waren, haben die Tauernkraftwerke AG dazu bewogen, für das Kraftwerk Rosshag der Zemmkraftwerke Francisturbinen zu wählen. Die statische Fallhöhe beträgt 672 m und bei gewissen Betriebszuständen können Drücke auftreten, welche einer Wasserhöhe von 700 m entsprechen. Damit sind diese Francisturbinen für die gegenwärtig grösste Fallhöhe der Welt ausgelegt.

Bisher waren solche Höhen immer den Freistrahlturbinen vorbehalten gewesen, welche aber gewisse Anforderungen bezüglich Platzbedarf stellen und auch sonst noch einige Nachteile aufweisen. Im Kraftwerk Rosshag waren dann noch die zusätzlichen Bedingungen zu berücksichtigen, welche durch den vorgesehenen Einbau von Speicherpumpen entstanden. Eine Freistrahlturbine muss einen sog. Freihang aufweisen, damit das Laufrad immer sicher über dem höchsten Unterwasserspiegel liegt. Dieser Freihang geht als nutzbares Gefälle verloren. Andererseits muss eine Speicherpumpe einen bestimmten Zulaufdruck aufweisen, damit sie das Wasser fördern kann. Die Francisturbine ihrerseits muss im Saugkrümmer einen gewissen Gegen-Druck besitzen, damit keine Kavitation auftritt. Diese beiden Bedingungen setzen voraus, dass Turbine und Pumpe um diese Höhe unter dem tiefsten Unterwasserspiegel liegen. Wenn alle diese Anforderungen mit ihren technischen Lösungsmöglichkeiten kombiniert und auf Fallhöhenverlust, Wirkungsgrad, Einbauverhältnisse, Platzbedarf, Betriebssicherheit und einfachen Unterhalt untersucht werden, so zeigt sich, dass die Kombination einer Francisturbine mit einer zweistufigen Speicherpumpe die vorteilhafteste Lösung ergibt, (unter der Voraussetzung, dass eine Francisturbine für 700 m Fallhöhe gebaut werden kann).

Dank der planmässigen Entwicklung der Hochdruck-Francisturbinen in den letzten Jahren war der Weg, welcher über die Kraftwerke Fionnay (455 m) und Ferrera (522 m) bis Pradella (494 m) geführt hatte, vorbereitet. Die erste der 4 Turbinen im Kraftwerk Rosshag steht seit September 1970 und die vierte seit Juli 1971 ohne Störungen im Betrieb, womit der Entschluss zu dieser neuen Pionierleistung im Turbinenbau gerechtfertigt ist.

A. Baumgartner

### Elektrische Regelungstechnik, Fernwirktechnik Réglage électrique, télécommande

#### Regelungssysteme mit beschränkten Zustandsvariablen

[Nach R. Lunderstädt: Optimale Systeme mit beschränkten Zustandsvariablen, Regelungstechn. u. Prozess-Datenverarbeitung 19(1971)11, S. 469...477]

Bei der Steuerung und Regelung von Schienen- und Strassenfahrzeugen, Flugzeugen, chemischen Prozessen u.a.m. sind gewissen Stellgrössen und einem Teil der Zustandsvariablen Beschränkungen auferlegt wie z.B. Geschwindigkeiten, Anstellwinkel, Temperaturen, Drücke usw. Optimierungsprobleme dieser Art lassen sich sowohl analytisch als auch numerisch nur sehr schwer lösen, da anstelle des sonst üblichen Zweipunktrandproblems mindestens ein solches mit Dreipunktrandwerten vorliegt. Für deren Lösung bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten mittels des Maximierungsprinzips von Pontrjagin:

- Lösung durch Einführen einer Gewichtsfunktion;
- Lösung durch Transformation;
- Lösung durch direkte Anwendung des Maximumprinzips.

Die beiden ersten Lösungsvarianten führen nur zu begrenzten und näherungsweisen Resultaten. Unter der Voraussetzung, dass

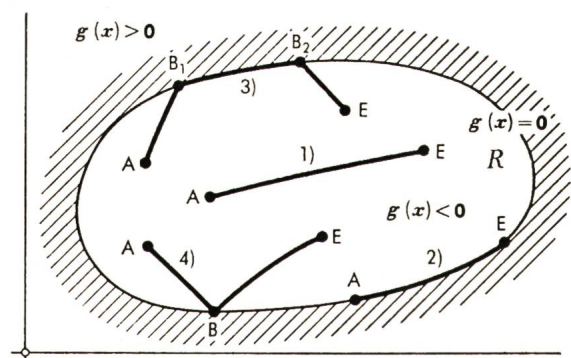


Fig. 1  
Möglicher Verlauf von optimalen Trajektorien bei beschränkten Zustandsvariablen

$g(x)$  Funktion des Steuerterraumes  $R$   
 $A, B, B_1, B_2, E$  Anfangs-, Übergangs-, bzw. Endpunkte der optimalen Trajektorien



für ein bestimmtes Problem eine optimale Lösung möglich ist, ergeben sich nach der dritten Variante prinzipiell vier verschiedene Verläufe für die optimalen Trajektorien (Fig. 1):

1. Die optimalen Trajektorien verlaufen vollständig im Innern von  $R$  (Problem I).

2. Die optimalen Trajektorien verlaufen auf dem Rand von  $R$  (Problem II).

3. Ein Teil verläuft im Innern von  $R$ , ein weiterer Teil auf dem Rand von  $R$  (kombiniertes Problem I/II).

4. Die optimalen Trajektorien verlaufen vollständig im Innern von  $R$ , besitzen aber einige Punkte am Rand von  $R$  (Sonderfall).

Das Problem I ist mit Hilfe der Hamiltonfunktion des Maximumprinzips eindeutig zu lösen. Die Lösung des Problems II, wie auch der Kombination von I und II benötigt zusätzlich die Berücksichtigung der durch den Rand gegebenen Beschränkungen und der Sprungbedingungen, die an den Übergangsstellen auftreten.

Über die vorgängige Berechnung der Lagrangeschen Multiplikatoren und der Auswertung der Weierstrass-Bedingungen kann auch die notwendige Berechnungsart zur Lösung des Sonderfalls gefunden werden. *Chr. Pauli*

### Schaltungen zur Ansteuerung von Thyristoren

621.316.5.06:621.314.632  
[Nach H. Mummert: Schaltungen zur Ansteuerung von Thyristoren. Elektrik 25(1971)10, S. 399...406]

Zur Steuerung industrieller Prozesse, elektrischer Antriebe, elektrischer Öfen, dienen Geräte mit Thyristoren. Thyristoren sind elektrisch steuerbare Ventile oder Schalter, die durch einen Steuerstrom oder durch einen elektrischen Impuls eingeschaltet werden.

Man kann die Schaltungen, die für die Steuerung von Thyristoren verwendet werden, in verschiedene Gruppen einteilen. Die zwei grundlegenden Schaltungsarten zum Ansteuern von Thyristoren sind die Vertikal- und die Horizontalsteuerung. Bei der Vertikalsteuerung lässt ein Steuerstrom genügend grosser Amplitude den Thyristor ansprechen. Bei der Horizontalsteuerung zündet ein Impuls den Thyristor bei einem definierten Phasenwinkel der Wechselspannung. Der Aufbau des Steuergerätes für die Schaltung der Thyristoren hängt von der Ausführung des Leistungsteils, vom Steuerprinzip, von den technischen Anforderungen, den Einsatzbedingungen und den charakteristischen Daten der Anlage ab.

Für die Leistungssteuerung von Anlagen, die mit Wechselstrom gespeist werden, gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten: Die Halbwellensteuerung und die Phasenanschnittsteuerung. Bei der Halbwellensteuerung werden dem Prozess volle Halbwellen zugeführt; jedoch nicht alle Halbwellen, sondern nur so viele, wie für den momentanen Leistungsbedarf benötigt werden. Bei der Phasenanschnittsteuerung wird nur ein Teil der Halbwelle für den industriellen Prozess, den Antrieb, die Heizung, ausgenutzt.

Die meisten Steuerschaltungen arbeiten mit Impulsen, die die Thyristoren im gewünschten Augenblick zünden. Die Impulse werden mit Hilfe von Glühlampen, Vierschichtdioden, Diacs oder Unijunction-Transistoren erzeugt. Die zuletzt genannten Bauteile weisen auch bei extremen Temperaturen hohe Zuverlässigkeit auf. Normale Thyristoren können nur Halbwellen einer bestimmten Polarität schalten. Für die Schaltung von Halbwellen in beiden Stromrichtungen sind die symmetrischen Thyristoren, die Symistoren oder Triacs, geeignet.

Für die Ansteuerung von Thyristoren gibt es eine grosse Zahl von Schaltmöglichkeiten. Zur Steuerung der Regelschaltungen werden überwiegend analoge Signale verwendet. Diese bestimmen die Zahl der Halbwellen, die eingeschaltet werden, oder den Phasenwinkel, bei dem der Thyristor gezündet wird. Es gibt jedoch auch Schaltungen, bei denen digitale Signale den Regelvorgang steuern. *H. Gibas*

## Elektrische Messtechnik, elektrische Messgeräte Métrologie, appareils de mesure

### Das neue Netzmodell der Atel

621.3.012.8:612.317  
[Nach F. Schwab: Das neue Netzmodell der Atel. Atel-Mitt. -(1971)81, S. 7...8]

Für das Projektieren und den Ausbau von Hoch- und Niederspannungsnetzen, das Auslegen und Erweitern von Unterwerken, zum Ermitteln von Kurzschlussleistungen, Spannungsabfällen und Lastflüssen in elektrischen Netzen sind viele Daten zu verarbeiten. Der rechnerische Aufwand für das Bearbeiten dieser Probleme ist gross. Eine sehr gute Hilfe bilden dabei die Netzmodelle, für deren Aufbau verschiedene Möglichkeiten existieren.

Der transiente Netzanalysator (TNA) liefert frequenzgetreue Resultate. Mit ihm lassen sich schwer überblickbare Probleme, wie Schaltüberspannungen und Wandlerwellenvorgänge, untersuchen. TN-Analysatoren sind aber aufwendig und teuer. Die  $R$ - $L$ - $C$ -Modelle sind einfacher. Man kann mit ihnen auch Blindleistungsmessungen ausführen. Am einfachsten sind die Widerstandsmodelle. Mit ihnen ist es möglich, Netze mit unterschiedlichen Spannungen, Lastflüsse in grossen Netzen mit vielen Transformatoren zu untersuchen sowie Kurzschlußströme, Kurzschlussleistungen in einzelnen Netzpunkten und Spannungsabfälle in den verschiedenen Leitungen zu messen.

Ein solches Widerstandsnetzmodell wurde bei der Atel (Aare-Tessin AG für Elektrizität) entwickelt. Das Kernstück des Netzmodells ist ein Buchsenfeld mit über 2000 Buchsen, mit dem Kombinationen von mehr als tausend Widerständen zusammengestellt werden können.

Alle Impedanzen in dem zu untersuchenden Netz werden durch Widerstände nachgebildet; die Generatoren durch ihre subtransiente Reaktanz, Transformatoren durch ihre Kurzschlussimpedanz und Leitungen durch ihre induktive Impedanz. Um das Buchsenfeld herum sind 50 Potentiometer angeordnet, die zum stufenlosen Variieren von Impedanzen dienen. An den beiden Seiten der Anlage sind Messinstrumente eingebaut. Die Wechselspannung zur Speisung des Netzmodells wird mit einem Regeltransformator auf Werte zwischen 3 und 50 V eingestellt. An das Netzmodell kann nur eine einzige Spannung angelegt werden, so dass die verschiedenen Spannungsebenen eines Netzes auf eine gemeinsame Spannungsebene umzurechnen sind. *H. Gibas*

## Elektronik, Röntgentechnik — Electronique, radiologie

### Überwachung und Steuerung von Zementproduktionsanlagen durch Prozessrechner

681.326-503.55:666.94  
[Nach R. Gerstenberger und H. Wackerle: Einsatz von Programmsystemen für die Automatisierung von Zementproduktionsanlagen, Siemens-Z. 45(1971)11, S. 874...879]

In modernen Zementproduktionsanlagen sind die einzelnen Produktionsschritte bereits derart weitgehend automatisiert, dass eine weitere Verbesserung des Funktionierens der Gesamtanlage nur durch einen mit allen Teilen der Anlage verbundenen Prozessrechner möglich ist. Dabei geht es nicht nur um eine Überwachung, sondern um eine wirtschaftlich optimale Steuerung des gesamten Herstellungsablaufs.

Bei der Zementherstellung lassen sich verschiedene Produktionsschritte unterscheiden, z. B.: Schottergewinnung im Steinbruch, Vorzerkleinern, Lagern, Mischen verschiedener Schotter, Rohgutaufbereitung, d.h. Mahlen auf Korngrößen von ca. 100µm, Verklütern, d. h. Brennen im Drehrohr bei 1300...1400 °C, Vermahlen zu Zement zusammen mit Zuschlagstoffen und schliesslich Abfüllen und Versand.

Nur als Beispiel seien ein paar Aufgaben, die einem Prozessrechner übertragen werden können, aufgezählt: Steinbruchabbau-planung und Überwachung, Regeln verschiedener Mischvorgänge,



Analyse mittels Röntgenspektrometer, optimale Betriebsführung vor allem beim An- und Abfahren der gesamten Anlage, Massnahmen bei Störungen, kaufmännische Überwachung usw.

Die meisten dieser Aufgaben müssen im «On-line-closed-loop-Betrieb» durchgeführt werden. In einer typischen Produktionslage werden vom Prozessrechner rund 380 analoge und 60 digitale Messwerte aufgenommen und etwa 1400 Befehls-signale an die Anlage abgegeben.

Als Programmierhilfe wurden drei Programmsysteme, die jeweils eine ganze Reihe von Systemunterprogrammen umfassen, entwickelt. Das erste Programmsystem MADAM, das sich für alle möglichen Aufgabenbereiche von Prozessrechnern verwenden lässt, betrifft die Messwertverarbeitung, Mess- und Steuerungsaufgaben und die Textausgabe. Das zweite Programmsystem CEPROS eignet sich für typische Zementproduktionsaufgaben wie Mühlensteuerung, Ofen- und Siloführung usw., und das dritte Programmsystem CEBES besteht aus Systemprogrammen zur Auftrags- und Versandabwicklung und für die Buchhaltung.

H. P. von Ow

## Elektrische Nachrichtentechnik — Télécommunications

### Erhöhter Wirkungsgrad amplitudenmodulierter Rundfunksender

621.376.22:621.396.61  
[Nach A. Gschwindt: Betrachtungen über zukünftige Senderkonzepte für den amplitudenmodulierten Tonrundfunk, Rundfunk Techn. Mitt. 15(1971)5, S. 201...205]

Die Anzahl amplitudenmodulierter Rundfunksender, deren Leistung zwischen 500 und 2000 kW liegt, steigt in letzten Jahren deutlich an. Für die Betriebskosten solcher Sender ist der Gesamtwirkungsgrad von entscheidender Bedeutung. In der herkömmlichen Anordnung eines Rundfunksenders werden gewöhnlich die HF-Treiber- und Leistungsstufe in Klasse C betrieben, die NF-Treiberstufe in Klasse A und die NF-Leistungsstufe in Gegentaktschaltung der Klasse AB<sub>2</sub>. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage, unter der Voraussetzung, dass die Leistungsaufnahme der Vorstufen gleich 10 % der Trägers Ausgangsleistung ist, beträgt etwa 70 %. Durch geeignete schaltungstechnische Massnahmen kann dieser Wert erhöht werden.

Eine Verbesserung des Wirkungsgrades einzelner Leistungsstufen des Senders, was die Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades zur Folge hat, kann durch die Verwendung der sog. D-Betriebsart erzielt werden. Ein D-Verstärker arbeitet im wesentlichen wie ein verlustarmer Schalter. Er enthält einen Pulsbreitenmodulator, einen geschalteten Leistungsverstärker, der im Sättigungsbetrieb arbeitet, und einen Demodulator, der normalerweise aus einem einfachen Tiefpassfilter besteht. Dieses Filter erweist sich konstruktiv viel günstiger als der Modulationstransformator, der bei der Anwendung dieser Betriebsart entfällt. Unter mehreren Möglichkeiten kann als optimal die Anordnung angesehen wer-

den, in der die D-Betriebsart für die HF-Leistungsstufe, für die NF-Treiberstufe und für die NF-Gegentakt-Leistungsstufe zur Anwendung kommt, wobei nur die HF-Treiberstufe in Klasse C betrieben wird. Der Gesamtwirkungsgrad des Senders beträgt in diesem Fall mehr als 83 %.

Die beschriebenen Möglichkeiten sind bisher bei der Konstruktion von Mittelwellen- und Langwellensendern nur zum Teil realisiert worden, für die Entwicklung in naher Zukunft dürften sie aber in zunehmendem Masse in Betracht gezogen werden.

J. Fabijanski

## Verschiedenes — Divers

### Güteprüfung an Kunststoff-Erzeugnissen mit Hilfe von Ultraschall- und Durchstrahlungsverfahren

678.01:620.179.152:681.88  
[Nach H. Herrmann: Güteprüfung an Kunststoff-Erzeugnissen mit Hilfe von Ultraschall- und Durchstrahlungsverfahren. Kunststoffe 61(1971)11, S. 839...842]

Bisher wurden die zerstörungsfreien Prüfverfahren fast ausschliesslich bei metallischen Werkstoffen angewendet. Mit der Weiterentwicklung und Vervollkommen der Prüfgeräte besteht aber die Möglichkeit, diese Verfahren auch auf Kunststoffe anzuwenden, wobei jedoch für die Entscheidung, welche der beiden Methoden die zweckmässigste ist, deren grundsätzliche Unterschiede massgebend sind.

Bei den Durchstrahlungsverfahren mit Röntgenröhren werden Fehler durch Schwächung der Intensität der Strahlung durch das Prüfobjekt erfasst, die Schwärzung des Films ist somit abhängig von der Weglänge durch das betreffende Material. Bei Kunststoffen sind es also vor allem Poren und Lunker, die auf diese Art durch die verschiedenen Weglängen an fehlerlosen und fehlerbehafteten Stellen nachweisbar sind.

Im Unterschied zu den metallischen Werkstoffen müssen jedoch wesentlich langwelligere Röntgenstrahlen verwendet werden, wofür heute Geräte mit sog. «Weichstrahlröhren» und Berylliumfenstern zur Verfügung stehen.

Es hat sich gezeigt, dass bei einer Reihe von Fehlern, z. B. Schichtentrennung, höckrigen Objekten mit Hohlstellen usw. der Nachweis und vor allem die Ortung von Fehlerstellen besser durch die Anwendung der Ultraschallprüfung erfolgt, weil hier Fehler mit Hilfe des Impulsechos durch Reflexion an Medien verschiedener Dichte erfasst werden. Bei Kunststoffen wird im Gegensatz zu den Metallen eine niedrigere Frequenz (1...4 MHz, statt bis zu 12 MHz), aber ein wesentlich höherer Schalldruck angewendet.

Die Wahl der Prüfköpfe, die Richtung der Durchschallung, vor allem aber die Deutung von Echos bei Oberflächenfehlern erfordert eine beträchtliche Erfahrung. Erleichtert wird aber die Prüftechnik durch kombinierte oder getrennte Prüfköpfe für Senden und Empfangen sowie durch besondere Spezialköpfe.

E. Müller

## Literatur — Bibliographie

628.987

**The calculation of utilization factors. The BZ method.** By the Illuminating Engineering Society. IES Technical Report No. 2. London, Illuminating Engineering Society, 1971, 4<sup>o</sup>, 37p., fig. tab. Price: £ 2.

Die BZ-Methode ist 1961 im Technischen Bericht Nr. 2 beschrieben worden. Sie beruht auf dem Vergleich des aus Leuchten auf die horizontale Arbeitsfläche gelangenden Lichtstromes mit dem Lichtstrom aus Leuchten, die sich in einem empfohlenen gegenseitigen Abstand befinden und eine der zehn theoretischen, polaren Lichtverteilungen aufweisen. Diese Klassifikation

erfasst somit nicht nur den nach unten gelangenden Lichtstrom der Leuchten allein, sondern auch den in einer Anlage in die Breite gehenden Lichtstrom aus den Leuchten; das nach oben gestrahlte Licht bleibt unberücksichtigt.

Ein wichtiges Merkmal der BZ-Methode ist die Einteilung des nach unten aus den Leuchten strahlenden Lichtes. Die neuen Tabellenwerte in Abschnitt 2 haben eine Änderung erfahren; die Klassifikation ist aber gleich geblieben. Abschnitt 3 enthält Tabellen der Beleuchtungswirkungsgrade für zehn verschiedene Arten der BZ-Einteilung; ihre Benutzung ermöglicht in einfacher Weise die angenäherte Ermittlung der Beleuchtungswirkungsgrade.

J. Guanter