

# Trilux\*-Rechenschieber und -Rechenscheibe für die Lichtplanung

## Guus Craenen

Um die Bedeutung und den Einfluss von Sonder-Rechenschiebern besser zu verstehen, ist es sinnvoll, die 2. Industrielle Revolution genauer zu betrachten. Zuerst eine Begriffsbestimmung.

Als 2. Industrielle Revolution wird die schnelle und tiefgreifende Umgestaltung der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse, der Arbeitsbedingungen und Lebensumstände bezeichnet, die zum Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft geführt hat. Es ist ein komplizierter Prozess, weil die gesellschaftliche Akzeptanz kaum zu steuern ist. Der Begriff kommt in Frankreich während der französischen Revolution (1789 – 1795) auf.

Die Folgen der Industrielle Revolution fangen an mit der Elektrifizierung: Bereitstellung der Infrastruktur für die Versorgung mit elektrischem Strom. Die Erfindung der Glühbirne durch Heinrich Göbel 1850 und Heiner Geissler 1857 leitet eine neue Periode ein um 1880 beginnt die Massenproduktion von Glühbirnen in den USA: der Anfang der Beleuchtungsrevolution.

In Deutschland wird die Elektro-Industrie von zwei Großunternehmen beherrscht: Siemens und AEG. Beide sind in Berlin ansässig. Zusammen haben sie einen Marktanteil von 75%. Bei Siemens liegt der Schwerpunkt auf der Telegrafie; AEG dagegen produziert Kraftwerke, Eisenbahnen, elektrische Maschinen und Geräte.

1884 erfolgt die erste öffentliche Stromversorgung Europas in Berlin. Emil Rathenau gründet in diesem Jahr die *Deutsche Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität* (seit 1887 AEG, Allgemeine Elektrizität-Gesellschaft). Die deutsche Rechenschieberhersteller verfügen in den Jahren danach über Elektrizität: Dennert & Pape ab 1893, Faber ab 1900 und Nestler ab 1905. Bei den kleinen Werkstätten werden Maschinen dann noch mit Fußantrieb bewegt.

Die Beleuchtung von Wohn-, Arbeitsräumen und Straßen geschieht damals mittels Gaslicht. Die neuzeitliche Stromversorgung verbessert die Arbeits- und Lebensumstände erheblich. Und es entsteht ein neuer Industriezweig: Installationsmaterial, Motoren und Dynamos. Vor dem 1. Weltkrieg stellt Deutschland 35 %, die USA 29 %, Großbritannien 16 % und Frankreich 4 % der Weltproduktion her. Die Beleuchtungsrevolution vollzieht sich in kurzer Zeit.

Elektrische Beleuchtung ist am Anfang teuer, wird aber sehr rasch bezahlbar. In den 1880er Jahren kostet eine Kilowattstunde 80 Pfennig und die seit 1880 verfügbare Glühbirne 5 RM. Zum Vergleich: Ein Facharbeiter verdient um die Jahrhundertwende 40 Pfennig pro Stunde. Es folgt dann allmählich eine Tarifsenkung bis auf 20 Pf/kWh in 1910, um die brandgefährliche Gasbeleuchtung aus den Wohnungen zu verdrängen.

\*Die **TRILUX GmbH** ist ein Unternehmen mit Sitz im Arnshausen, das sich mit der Entwicklung und Produktion von Leuchten und der Bereitstellung von Lichtlösungen beschäftigt. Trilux entwickelt in den 1960er Jahren Rechenscheiben und Rechenschieber für die Berechnung von optimalen Lichtlösungen.

# Rechenscheibe

Die Trilux-Rechenscheibe (Durchmesser 100 mm) ist aus eloxiertem und gefärbtem Aluminium. (Eloxieren kommt von *Eloxal*, Abkürzung für *elektrolytische Oxidation von Aluminium*). Dadurch ist die Scheibe robust und kann mühelos gereinigt werden. Der Rechner ist gebrauchsfreundlich: Formel, Regel und Rechenbeispiele sind vorhanden. Die Skalen sind durch Farben und Bezeichnungen leicht erkennbar. Die Formel für Lampenzahl ist:

$$n = E \cdot F / \Phi_o \cdot \eta$$

Hierin bedeutet:

<i>E</i>	Beleuchtungsstärke	lx
<i>F</i>	Fläche	m <sup>2</sup>
$\Phi_o$	Lampenlichtstrom	lm
$\eta$	Wirkungsgrad	Eta
<i>n</i>	Lampenzahl	n

Es folgen zwei Rechenbeispiele mit Abbildungen um die Anwendung zu illustrieren.

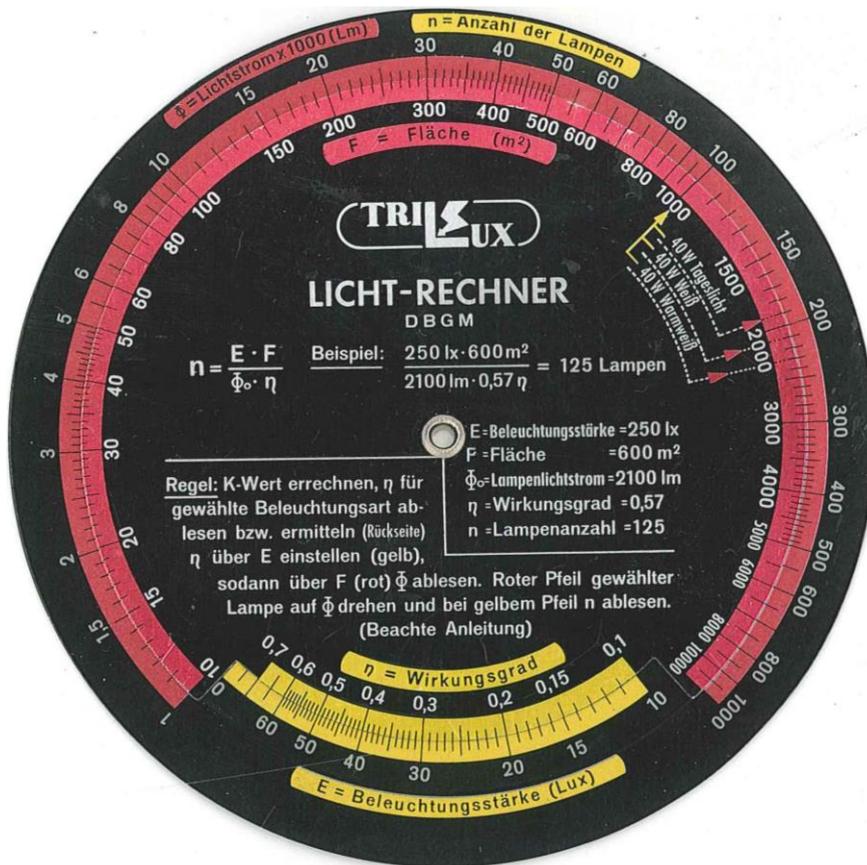


Abbildung 1.

Beispiel-1: Ein Objekt von 300 m<sup>2</sup> Fläche soll mit 250 Lux ausgeleuchtet werden. Zur Verwendung kommen weiße Leuchtstofflampen mit 2100 Lumen. Der Raumwirkungsgrad ( $\eta$ ) beträgt 0,45.

Lösung-1a: Stelle den Wirkungsgrad  $\eta = 0,45$  über die Beleuchtungsstärke  $E = 250$  Lux (gelbe Skala) und lese über 300 m<sup>2</sup> F (rote Skala) den gesamten Lichtstrom von 166666 Lumen ( $\Phi_o$ ) ab.

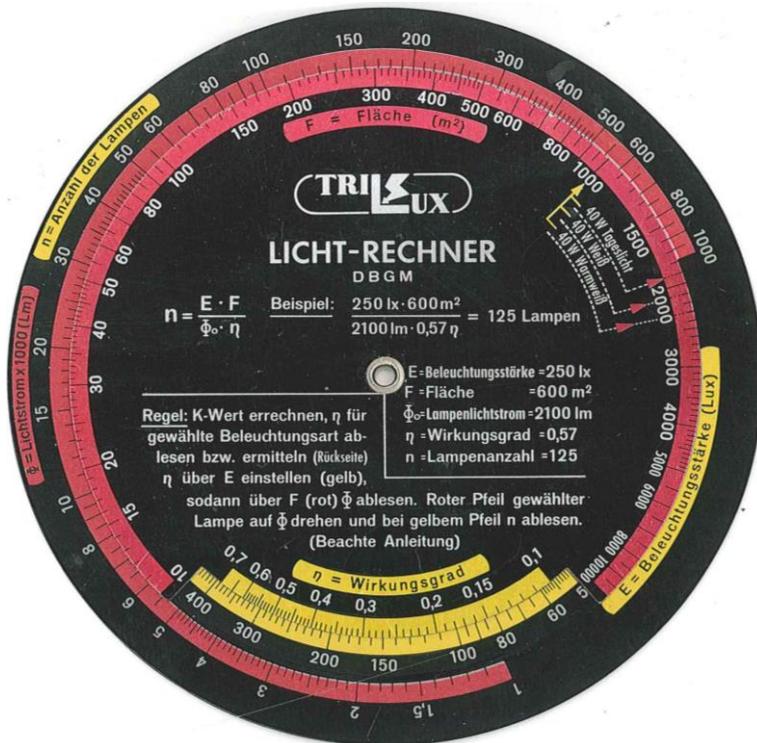


Abbildung 1a.

Loesung-1b: Es wird dann der rote Pfeil der weißen Leuchtstofflampen unter 166666 Lumen gedreht und man findet über dem gelben Pfeil die benötigte Anzahl (n) Leuchtstofflampen = 79 Stück.

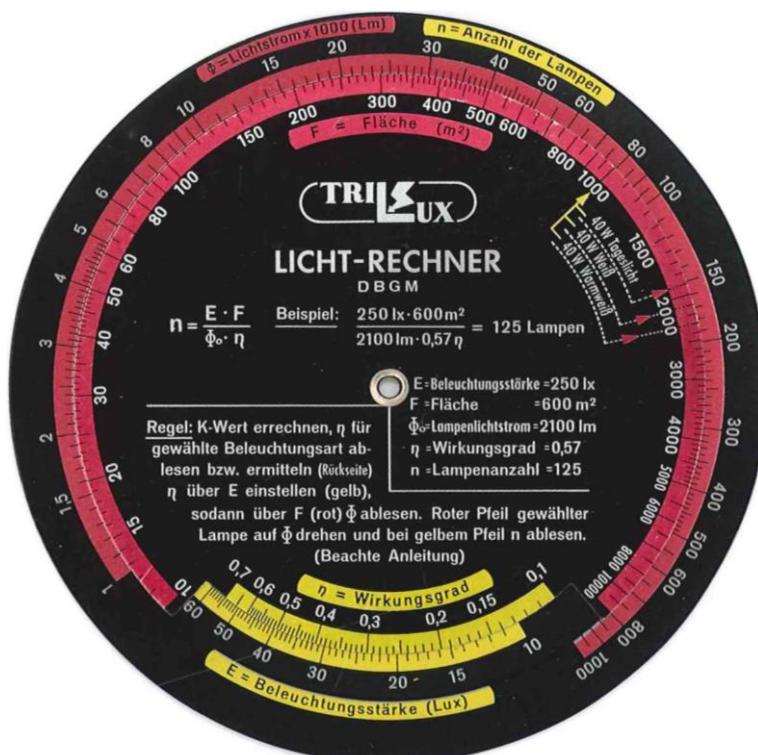


Abbildung 1b.

Beispiel-2: Ein Objekt von 1800 m<sup>2</sup> Fläche soll mit 300 Lux ausgeleuchtet werden. Zur Verwendung kommen weiße Leuchtstofflampen mit 2100 Lumen. Der Raumwirkungsgrad ( $\eta$ ) beträgt 0,58.

Lösung-2a: Stelle den Wirkungsgrad  $\eta = 0,58$  über die Beleuchtungsstärke  $E = 300$  Lux (gelbe Skala) und lese über 1800 m<sup>2</sup>  $F$  (rote Skala) den gesamten Lichtstrom von 930000 Lumen ( $\Phi_0$ ) ab.

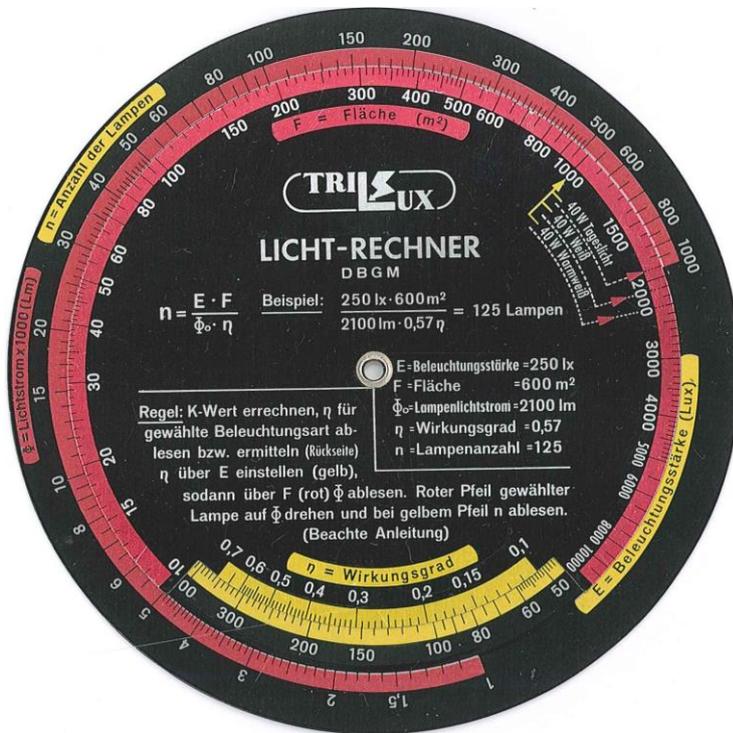


Abbildung 2a.

Loesung-2b: Es wird dann der rote Pfeil der weißen Leuchtstofflampen unter 930 000 Lumen gedreht und man findet über dem gelben Pfeil die benötigte Anzahl (n) Lampen = 440 Stück.

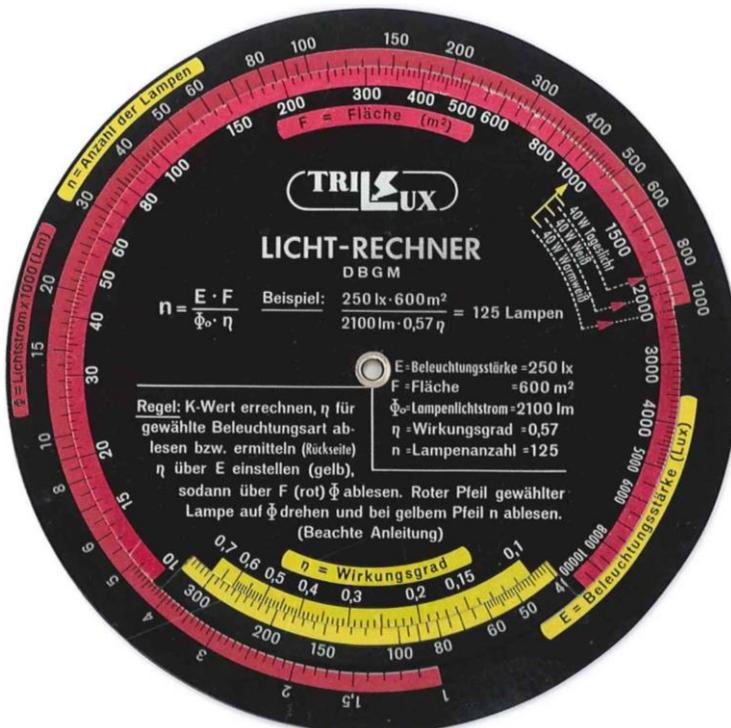


Abbildung 2b.

# Rechenschieber

Der Trilux-Rechenschieber (300 x 50 x 4 mm) ist für Beleuchtungsplanung entwickelt worden. Alle Faktoren wie Raumindex, Beleuchtungs-Stärke und -Wirkungsgrad können in die Berechnung aufgenommen werden, wobei man alle Faktoren im Blickfeld hat.

Die Formeln sind:

$$\text{Raumindex } K = a \cdot b / h (a + b)$$

$$\text{Lampenzahl } n = E_m \cdot A / \eta_B \cdot \Phi_{LP}$$

Hierin bedeutet:

Hierin bedeutet:

$a$  Raumbreite m

$n$  Lampenzahl n

$b$  Raumlänge m

$E_m$  Beleuchtungsstärke lx

$H$  Raumhöhe m

$A$  Fläche  $m^2$

$h$   $H - 0,85$  m

$\eta_B$  Beleuchtungswirkungsgrad

$\Phi_{LP}$  Lichtstrom einer Lampe lm

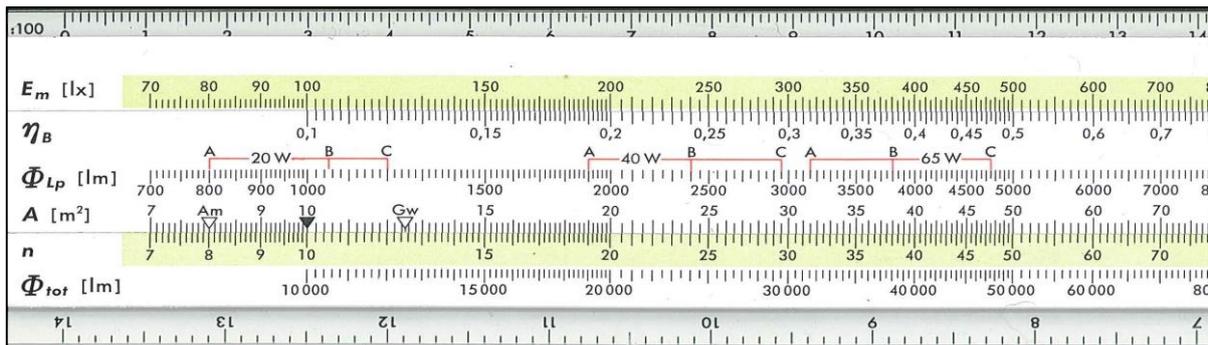


Abb. 3a: Vorderseite des linken Teils des Trilux-Rechenschiebers.

Es folgt ein Rechenbeispiel mit einer Abbildung um den Fortgang zu illustrieren. ▼

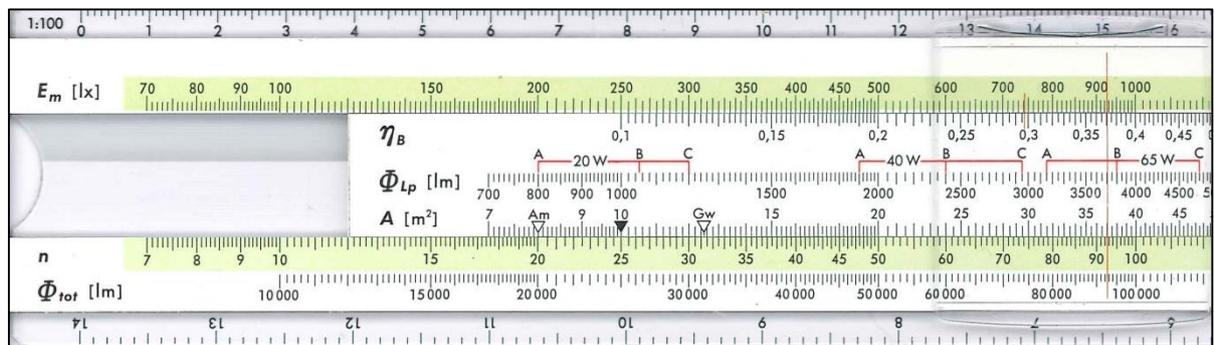


Abb. 3b: Trilux-Rechenschieber im Einsatz.

Beispiel 3b: Ein Klassenraum mit den Abmessungen  $a = 10,0$  m,  $b = 7,0$  m,  $H = 3,25$  m ist mit Leuchten für Leuchtstofflampen 65 W, Lichtfarbe Universalweiß ( $\Phi_{LP} = 3800$  lm) zu beleuchten. Es sollen Deckenleuchten mit flachem Gehäuse, mit Plexiglas®-Wanne opal, verwendet werden.

Nach DIN 5035 *Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht* wird eine mittlere Horizontalbeleuchtungsstärke  $E_m = 500$  Lux zugrunde gelegt.

Lösung 3b:  $h = 3,25 - 0,85 = 2,40$  m. Reflexionsgrade (angenommen)  $\rho_1 = 0,8$ ,  $\rho_2 = 0,5$ ,  $\rho_3 = 0,3$ .  
Raumindex  $K = 10 \times 7 / 2,4 \times (10 + 7) = 1,7$ .

Der Beleuchtungswirkungsgrad  $\eta_B$  wird auf der Rückseite unter der gewählten Leuchte entnommen. Er ist zwischen den Werten für  $K = 1,0$  also 0,27, und für  $K = 2,0$ , also 0,41 zu interpolieren. Er beträgt 0,37.

Auf der Vorderseite des Rechenschiebers ist der Wert 0,37 der Skala  $\eta_B$  unter den Wert 500 Lux der Skala  $E_m(1x)$  zu stellen und der lange rote Läuferstrich (unter der Position 15 auf der cm-Skala) mit der Zahl 70 der Skala A ( $m^2$ ) zur Deckung zu bringen.

Auf der Skala  $\Phi_{tot}$  (lm) wird der erforderliche Gesamtlichtstrom von 94.500 lm abgelesen. Die rote Marke B, die den Lichtstrom der Leuchtstofflampe 65 W, Lichtfarbe Universal weiß, kennzeichnet, ist unter den Läuferstrich zu stellen. Die Marke ▼ zeigt dann auf Skala  $n$  die erforderliche Lampenzahl an.

Soll die Beleuchtungsstärke von 500 Lux mit Lampen gleicher Art als Gebrauchswert erreicht werden, dann ist die Lampenzahl  $n$  unter  $\vee$  Gw abzulesen. Werden geschlossene Leuchten anstelle von Standard-Leuchtstofflampen mit Amalgam-Leuchtstofflampen bestückt, so sind für den Neuwert 500 Lux nur 20 Lampen (Ablesung bei  $\vee$  Am) und für den Gebrauchswert 500 Lux 25 Lampen (Ablesung bei ▼) erforderlich.

## Bildergalerie

In der Entwicklung der Beleuchtungstechnik haben Wissenschaftler und Industrielle eine prominente Rolle gespielt. Einige werden in diesem Artikel genannt und hier dargestellt.



Heinrich Göbel 1850  
1818 – 1893 (S. 1)



Heiner Geissler 1857  
1814 – 1879 (S.1)



Thomas Edison 1879  
1847 – 1931 (S.1)



Edmund Germer 1926  
1901 – 1987 (S.1)

Goebel ist ein Feinmechaniker deutscher Herkunft, der 1865 US-Staatsbürger wird. Er wird 1893 in den USA und Europa durch Zeitungsberichte über seine Behauptung bekannt, er habe bereits in den 1850er Jahren die ersten Glühlampen mit Kohleglühfaden hergestellt, ohne jedoch ein Patent anzumelden. Geissler war ist deutscher Glasbläser, Instrumentenmacher und Erfinder einer gläsernen Niederdruck-Gasentladungsröhre. Thomas Alva Edison gelang 1879 die industrielle Fertigungsreife der

Glühbirne. In 1890 hat die AEG eine Jahresproduktion von 1 Mio. Birnen. Germer gilt als Vater der Fluoreszenzlampe, indem er 1926 vorschlägt, den Druck innerhalb von Röhren zu erhöhen und die Röhren mit einem Leuchtstoff zu beschichten, der ultraviolette Strahlung in sichtbares Licht umwandelt. Das Patent wird von General Electric, USA, gekauft, die 1938 mit der Fabrikation anfängt.

## Begriffserörterung

Die mit einem Sternchen (\*) markierten Definitionen sind der DIN-Norm 12665 *Licht und Beleuchtung* entnommen. Weitere Definitionen entstammen deutschen Lexikonen.

\*Beleuchtungsstärke: Menge des Lichtstroms, die auf eine bestimmte Fläche auftritt.

\*Beleuchtungswirkungsgrad: Summe Lichtstrom auf Bezugsfläche.

\*Diffuse Beleuchtung: Beleuchtung erfolgt aus keiner bestimmten Richtung.

Gebrauchswert: Wert eines Wirtschaftsgutes bezüglich seiner Eignung für einen bestimmten Zweck.

\*Lampe: Quelle optischer Strahlung, meist im sichtbaren Bereich.

\*Leuchte: Gerät zur Betreibung von Lampen und Verteilung des Lichtes.

Leuchtstofflampe: Niederdruck-Gasentladungsröhre, die innen mit einem fluoreszierenden Leuchtstoff beschichtet ist.

Lichtpunkthöhe: Abstand einer Lampe zu einer Bezugsebene.

\*Lichtstärke: Menge des Lichts, die in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird.

\*Lichtstrom: Von einer Lichtquelle abgegebene Strahlungsmenge im sichtbaren Bereich.

Lichtstrommarken: **A** Weiß de Luxe, Warmton de Luxe; **B** Universal Weiß; **C** Weiß, Hellweiß.

Messebene: Ebene, in der die Beleuchtung bevorzugt zur Wirkung kommen soll.

Raumindex: Einfluss der Raumgeometrie auf den Raumwirkungsgrad.

\*Raumwirkungsgrad: Summe Lichtstrom auf Bezugsfläche / Summe Gesamtlichtstrom Einzelleuchte.

\*Reflexionsgrad: Zurückgeworfener Lichtstrom / auffallenden Lichtstrom.

\*Reflexionsgrade:  $\rho_1$  (Decke),  $\rho_2$  (Wände),  $\rho_3$  (Boden).

## Abkürzungen

Am: Amalgamlampen

cm: Zentimeter

DBGM: Deutsches Bundes-

Gebrauchsmuster

DIN: Deutsche Industrie-Norm

DRP: Deutsches Reichspatent

Gw: Gebrauchwert

kWh: Kilowattstunde

LS: Lichtstrom

RM: Reichsmark

S: Seite

W: Watt

## Literatur Guus Craenen

Von dem Autor sind folgende Bücher erschienen:

- *Albert Nestler, Innovation und Qualität, Die Rechenschieber von Nestler in ihrem internationalen Umfeld*, Soest/Niederlande, Eigenverlag, 2001.
- *Albert Nestler, Innovation und Qualität, Zusammenarbeit mit anderen Herstellern und mit Erfindern*, Soest/Niederlande, Eigenverlag, 2004.
- *Rechenschieber im Wandel der Zeit – 1787 – 905*, Soest/Niederlande, Eigenverlag, 2009.
- *Rechenschieber im Wandel der Zeit – 1588 – 1914*, Soest/Niederlande, Eigenverlag, 2011.

## Dank

Ich danke folgenden Sammlerfreuden:

- Peter Holland, Brühl, Deutschland, für die sprachliche Unterstützung,
- Simon van der Salm, Hilversum, Niederlande, für die grafische Unterstützung.