

APPLIKATIONEN IM MEDIZINISCHEN BEREICH



Sicherung der Bildqualität

Beleuchtung von Arbeitsstätten



SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

IN RÖNTGENDIAGNOSTISCHEN BETRIEBEN



- **EU RICHTLINIE 2013/59/EURATOM**

Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung



- **Strahlenschutzgesetz – StrlSchG**

Es trifft Regelungen zum Schutz des Menschen und – soweit es um den langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit geht, der Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung.

- **Strahlenschutzverordnung – StrlSchV**

Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung. Die Röntgenverordnung RöV wurde integriert und trat am 31.12.2018 außer Kraft.

- **Radiologische Betrachtungsgeräte und -bedingungen – DIN 6856**

Teil 1: Anforderungen und qualitätssichernde Maßnahmen in der medizinischen Diagnostik
Teil 3: Betrachtungsgeräte für die Zahnheilkunde

- **Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben - DIN 6868**

Teil 157: Abnahme- und Konstanzprüfung an Bildwiedergabesystemen in ihrer Umgebung

- **Bewertung und routinemäßige Prüfung in Abteilungen für medizinische Bildgebung – DIN EN IEC 61223**

Teil 2-5: Konstanzprüfungen; Bildwiedergabegeräte (Monitore)

SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

ANWENDER



- **Krankenhäuser & Kliniken**
Radiologie, Medizintechnik, Technische Abteilung
- **Servicebetriebe für Medizintechnik**
Hersteller von Röntgenanlagen, Unabhängige Dienstleister
- **Radiologen**
Eigenständige Praxen



- **Zahnärzte**
Eigenständige Praxen

SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

BILDWIEDERGABESYSTEM - DIN 6868 - 157 ABNAHME- UND KONSTANZPRÜFUNG



Bildwiedergabesystem BWS

Arbeitsplatz der aus einem oder mehreren Bildwiedergabegeräten (Monitoren), einem Anzeige-Steuer-teil (Grafikkarte) sowie Rechner-Hardware (Workstation) und –Software besteht und Bilder anzeigen kann.

Bildwiedergabegerät BWG - Monitor - Display

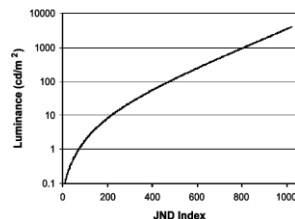
Funktionseinheit eines Bildwiedergabesystems auf Basis aktiver oder passiver Anzeigeelemente, das Signale von einer analogen oder digitalen Schnittstelle empfängt und als Matrix von Pixeln darstellt.

Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen werden durch die Raumklassen geregelt und geben die verschiedenen Einsatzbedingungen der Monitore wieder. Die im Raum durchzuführende Tätigkeit bestimmt die Raumklasse und diese legt die maximale Helligkeit sowie den einzusetzenden Monitor fest.

Leuchtdichtekennlinie

Die Leuchtdichtekennlinie für Bildwiedergabegeräte mit Befundungsqualität wurde wegen der nicht linearen Kontrastempfindlichkeit des menschlichen Auges eingeführt. Das menschliche Auge reagiert bei höheren Leuchtdichten empfindlicher auf kleine relative Änderungen als bei niedriger Leuchtdichte. Die Graustufen-Standard-Displayfunktion (GSDF DICOM) gibt die Leuchtdichteunterschiede an, die erforderlich sind um mit dem menschlichen Auge eine Änderung (JND) festzustellen. Innerhalb der gemessenen Minimal- und Maximalleuchtdichte wird die Kennlinie des Monitors an diese Kurve angepasst. Somit entsteht ein vergleichbarer Bildeindruck auf verschiedenen Monitoren, auch von verschiedenen Herstellern.



GSDF Kennlinie DICOM 14

SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

UMGEBUNGSBEDINGUNGEN – RAUMKLASSEN - DIN 6868 - 157

Raum-klasse	Raum	Tätigkeit	Klassifikation des BWS	Beleuchtungsstärke* lx
RK1	Befundungsraum	Überwiegende Beurteilung von Radiographien und Schnittbilddatensätzen.	Befundungsqualität	≤ 50
RK2	Untersuchungsräume mit sofortiger Befundung	Ärztliche Tätigkeiten im Untersuchungsraum, bei denen therapierelevante Entscheidungen gefällt werden.	Befundungsqualität	≤ 100
RK3	Räume zum Führen der Untersuchung	Tätigkeiten, bei denen mittels eines Dialogmonitors die Untersuchungsführung vorgenommen wird.	Befundungsqualität	≤ 500
RK4	Betrachtungs- und Behandlungsräume	Tätigkeiten, bei denen ein bekannter und beurteilter Befund repetitiv nachvollzogen werden muss.	Betrachtungsqualität	≤ 1000
RK5	Zahnärztlicher Befundungsarbeitsplatz	Befundung außerhalb der Beleuchtungsbedingungen eines zahnärztlichen Behandlungsarbeitsplatzes	Befundungsqualität	≤ 100
RK6	Zahnärztlicher Behandlungsraum	Befundung unter Beleuchtungsbedingungen eines zahnärztlichen Behandlungsarbeitsplatzes.	Befundungsqualität	≤ 1000

* Die Beleuchtungsstärke wird bei ausgeschaltetem BWG orthogonal zur Bildschirmoberfläche gemessen.



MAVOMAX RK1



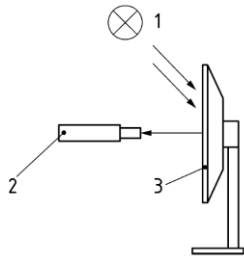
MAVOMAX RK2 / RK5



MAVOMAX RK2 / RK5

Der Raumlichtüberwacher MAVOMAX signalisiert mit grüner LED, die Einhaltung der zulässigen Beleuchtungsstärke.

Verfahren A - Teleskopverfahren

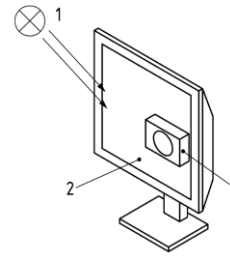


Legende

- 1 Umgebungslicht
- 2 Teleskop-Leuchtdichte-Messgerät
- 3 Anzeige

- Messung berücksichtigt das Umgebungslicht
- Messfeld muss wesentlich kleiner sein als Quadrat im Testbild
- Fokussierung auf Bildschirmoberfläche
- Streulichtblende oder Kegel vor dem Objektiv um Umgebungslicht abzuschirmen
- Wiederholbare Ergebnisse nur wenn Umgebungs- und Messbedingungen gleich

Verfahren B - Nahbereichs-Leuchtdichte-Messgerät in Kombination mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät



Legende

- 1 Umgebungslicht
- 2 Anzeige
- 3 Beleuchtungsstärkemessgerät
- 4 Nahbereichs-Leuchtdichte-Messgerät

- Messung berücksichtigt das Umgebungslicht nicht, deshalb zusätzliche Messung der Beleuchtungsstärke erforderlich
- Messöffnung des Leuchtdichte-Messgeräts muss wesentlich kleiner sein als das Quadrat im Testbild
- Beleuchtungsstärkemessgerät wird mittig auf dem Bildwiedergabegerät angeordnet und zeigt nach außen
- Leuchtdichtewerte L' müssen aus dem Leuchtdichtemesswert L , der gemessenen Beleuchtungsstärke E und dem Leuchtdichtekoeffizienten q berechnet werden

$$L'_{\max} = L_{\max} + E * q$$

$$L'_{\min} = L_{\min} + E * q$$

- Leuchtdichtekoeffizient q muss vom Hersteller des BWG bereitgestellt werden

SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

ABNAHMEPRÜFUNG – MESSTECHNISCHE PRÜFUNGEN - DIN 6868 - 157

Prüfung	Messgerät	Testbilder	Messmethode
Minimalleuchtdichte L'_{min}	Leuchtdichte, Teleskopverfahren	TG18-LN8-01	am Bildschirmmittelpunkt
Maximalleuchtdichte L'_{max}	Leuchtdichte, Teleskopverfahren	TG18-LN8-18	am Bildschirmmittelpunkt
Schleierleuchtdichte L_{amb}	Leuchtdichte, Teleskopverfahren	-	am Bildschirmmittelpunkt, bei ausgeschaltetem BWG
Beleuchtungsstärke E	Beleuchtungsstärkemessgerät	-	am Bildschirmmittelpunkt, senkrecht zur Oberfläche, bei ausgeschaltetem BWG
Homogenität des Bildwiedergabegeräts	Leuchtdichte, Aufsatzmessung	TG18-UN80 (oder HG DDL 204) TG18-UN10 (oder HG DDL 26)	5 Messpunkte bei BWG Diagonale < 23", 9 Messpunkte bei BWG Diagonale ≥ 23", $H = 200 \times (L_{highest} - L_{lowest}) / (L_{highest} + L_{lowest})$
Homogenität von Mehrfach- Bildwiedergabegeräten	Leuchtdichte, Aufsatzmessung	TG18-UN10 (oder HG DDL 26)	Messpunkt z, am Bildschirmmittelpunkt der einzelnen BWG $H = 200 \times (L_{highest} - L_{lowest}) / (L_{highest} + L_{lowest})$
Leuchtdichte-Kennlinie*	Leuchtdichte, Aufsatzmessung	18 Testbilder TG18-LN8-01 bis TG18-LN8-18	Messung der 18 Testbilder am Bildschirm- mittelpunkt, Auswertung mit geeignetem Softwaretool

* Entfällt bei RK 5 und RK 6



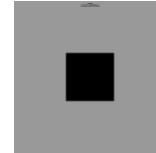
Testbilder in 1024 x 1024 Matrix können von DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) heruntergeladen werden.

SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

LEUCHTDICHTE - MESSTECHNISCHE PRÜFUNGEN - DIN 6868 - 157

Minimalleuchtdichte L'_{\min}

Die Minimalleuchtdichte wird durch Darstellung des Testbilds TG18-LN8-01 und Teleskopmessung auf das Zentrum des Bildwiedergabegeräts gemessen.



TG18-LN8-01

Maximalleuchtdichte L'_{\max}

Die Maximalleuchtdichte wird durch Darstellung des Testbilds TG18-LN8-18 und Teleskopmessung auf das Zentrum des Bildwiedergabegeräts gemessen.



TG18-LN8-18

Maximales Leuchtdichte-Verhältnis r'

Das maximale Leuchtdichte-Verhältnis wird aus dem Quotienten der Maximalleuchtdichte und der Minimalleuchtdichte berechnet.

$$r' = L'_{\max} / L'_{\min}$$

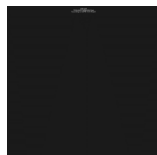
Schleierleuchtdichte L_{amb}

Die Schleierleuchtdichte wird bei abgeschaltetem Bildwiedergabegerät mit Teleskopmessung auf das Zentrum gemessen.

Homogenität des Bildwiedergabegeräts

In Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonalen werden entweder 5 oder 9 Messpunkte gemäß nebenstehender Grafik in Aufsatzmessung gemessen. Aus dem niedrigsten und dem höchsten Messwerte wird die Homogenität für jedes Testbild berechnet.

$$H = 200 \times (L_{\text{highest}} - L_{\text{lowest}}) / (L_{\text{highest}} + L_{\text{lowest}})$$



TG18-UN10



TG18-UN80

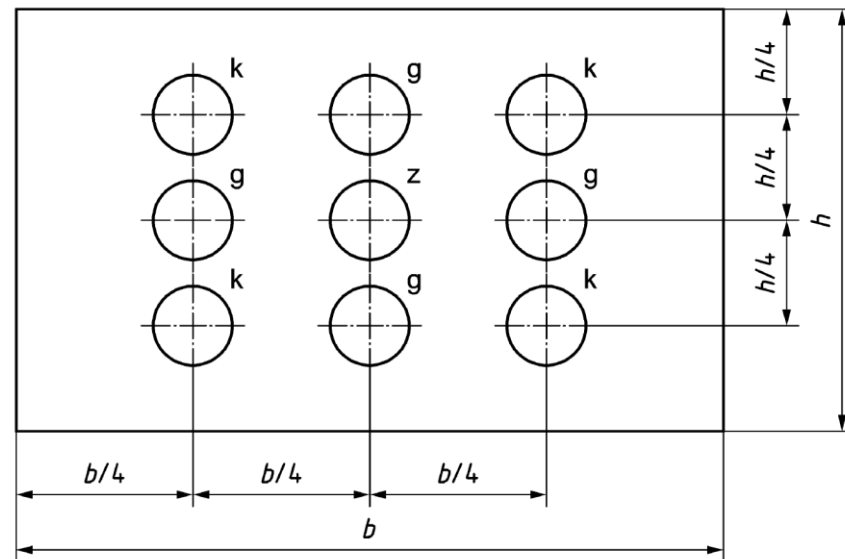
Homogenität von Mehrfach-Bildwiedergabegeräten

Bei jedem Bildwiedergabegerät wird der Messpunkt z im Zentrum in Aufsatzmessung gemessen. Aus dem niedrigsten und dem höchsten Messwerte wird die Homogenität berechnet.

$$H = 200 \times (L_{\text{highest}} - L_{\text{lowest}}) / (L_{\text{highest}} + L_{\text{lowest}})$$



TG18-UN10



Legende

- h Höhe des Bildschirms
- b Breite des Bildschirms
- k und z 5 Messpunkte für BWGs < 23 Zoll
- g, k und z 9 Messpunkte für BWGs ≥ 23 Zoll
- z Messpunkt im Zentrum

SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

LEUCHTDICHTE-KENNLINIE - MESSTECHNISCHE PRÜFUNGEN - DIN 6868 - 157

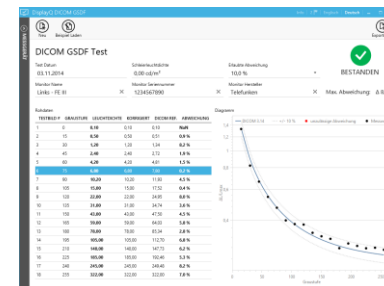
Leuchtdichte-Kennlinie

Die Leuchtdichte-Kennlinie wird durch Darstellung der 18 Testbilder TG18-LN8-01 bis TG18-LN-18 und Aufsatzmessung im Zentrum des Bildwiedergabegeräts gemessen. Da eine Aufsatzmessung vorgeschrieben ist, muss bei der Auswertung die Schleierleuchtdichte berücksichtigt werden.

Für die Auswertung ist ein geeignetes Softwaretool notwendig. Falls keine Qualitätssicherungssoftware verwendet wird, kann dafür z.B. der Monitor Check der European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (EUREF) genutzt werden.

Qualitätssicherungssoftware

- **PerfectLum**
- ayDisplayQuality Software
- QA Web für DIN 6868 - 157
- QAXRAY Pro
- **RadiCS**
- gFM-dental
- **DisplayQ**
- KPS 2015
- GammaCompMD QA



Quelle: [DisplayQ Expert](#) – Logima Software GmbH



SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

KONSTANZPRÜFUNG – MESSTECHNISCHE PRÜFUNGEN - DIN 6868 - 157

Prüfung	Messgerät	Testbilder	Messmethode
Minimalleuchtdichte L'_{min}	Leuchtdichte, Teleskopmessung oder alternativ Aufsatzmessung	TG18-LN8-01	am Bildschirmmittelpunkt
Maximalleuchtdichte L'_{max}	Leuchtdichte, Teleskopmessung oder alternativ Aufsatzmessung	TG18-LN8-18	am Bildschirmmittelpunkt
Schleierleuchtdichte L_{amb} ^{a, b}	Leuchtdichte, Teleskopmessung	-	am Bildschirmmittelpunkt, bei ausgeschaltetem BWG
Beleuchtungsstärke E ^a	Beleuchtungsstärkemessgerät.	-	am Bildschirmmittelpunkt, senkrecht zur Oberfläche, bei ausgeschaltetem BWG
Homogenität von Mehrfach- Bildwiedergabegeräten ^a	Leuchtdichte, Aufsatzmessung	TG18-UN10 (oder HG DDL 26)	Messpunkt z, am Bildschirmmittelpunkt der einzelnen BWG $H = 200 \times (L_{highest} - L_{lowest}) / (L_{highest} + L_{lowest})$
Leuchtdichte-Kennlinie ^a	Leuchtdichte, Aufsatzmessung	18 Testbilder TG18-LN8-01 bis TG18-LN8-18	Messung der 18 Testbilder am Bildschirm- mittelpunkt, Auswertung mit geeignetem Softwaretool

Prüfintervall halbjährig – Ausnahme **Prüfintervall RK 5 und RK 6 jährlich**.

^a Entfällt für RK 3, RK 5 und RK 6. L_{amb} kann vernachlässigt werden solange die Werte der Konstanzprüfung unter dem Referenzwert der Abnahmeprüfung liegen.

^b Die Prüfung ist nur bei Auffälligkeiten bei der Minimalleuchtdichte erforderlich.



SICHERUNG DER BILDQUALITÄT

ANFORDERUNGEN AN DIE MESSMITTEL - DIN 6868 - 157

Medizintechnik – DIN 6868 – 157 Abnahme- und Konstanzprüfung an Bildwiedergabesystemen in ihrer Umgebung

Abnahmeprüfung			Messverfahren A Leuchtdichte, 1° ... 5° 0,05 cd/m ² ... 1000 cd/m ² Klasse B, DIN 5032-7 Werkskalibrierung		
Konstanzprüfung	Messverfahren B, C, D Beleuchtungsstärke 1 lx ... 1000 lx Messunsicherheit ≤ 10 % Wiederholpräzision ≤ 5 % Werkskalibrierung	Messverfahren B Leuchtdichte, Aufsatz 0,05 cd/m ² ... 1000 cd/m ² Klasse B, DIN 5032-7 Werkskalibrierung	Messverfahren A Leuchtdichte, 1° ... 5° 0,05 cd/m ² ... 1000 cd/m ² Klasse B, DIN 5032-7 Werkskalibrierung	Verlängerung Prüfintervall Schleierleuchtdichte und Maximalkontrast von 3 auf 6 Monate – Bestands- schutz für DIN 6868 - 57	
Prüfung der Raumbeleuchtung (Raumklasse)	Beleuchtungsstärke 1 lx ... 1000 lx Messunsicherheit ≤ 10 % Wiederholpräzision ≤ 5 %		Beleuchtungsstärke über Leuchtdichte Klasse B, DIN 5032-7 + Reflexionsstandard	Kontinuierliche Raumlichtüberwachung RK1, RK2, RK5	Lichtfarbe (CCT) Farbwiedergabe (Ra) der Beleuchtung definiert in DIN EN 12464-1
Messgerät	MAVOLUX 5032 B/C USB MAVOLUX 5032 C BASE MAVOLUX 5032 B/C - Kit	MAVO-MONITOR USB MAVOMONITOR - Kit	MAVO-SPOT 2 USB	MAVOMAX	MAVOSPEC LITE MAVOSPEC BASE





BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

GESUNDHEITSEINRICHTUNGEN



EU Richtlinien



- **Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland - GG**
- **Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG**

Dieses Gesetz dient dazu, Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern.
- **Arbeitsstättenverordnung ArbStättV**

Diese Verordnung dient der Sicherheit und dem Schutz der Gesundheit der Beschäftigten beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten. Einzuhaltende Schutzziele der Beleuchtung sind darin festgeschrieben.
- **Technische Regeln für Arbeitsstätten – ASR**

Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten konkretisieren die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung.

 - **ASR A3.4 Beleuchtung und Sichtverbindung** (inkl. Sicherheitsbeleuchtung) Mai 2023

Die Anforderungen dieser ASR weichen in Einzelfällen von Normen, insbesondere von DIN EN 12464 Teil 1 und 2 ab, die lediglich Planungsgrundlagen für Beleuchtungsanlagen festlegen, jedoch nicht die Anforderungen an Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit berücksichtigen.
 - **ASR A2.3 Fluchtwege und Notausgänge** (inkl. Sicherheitsbeleuchtung) März 2023
- **Allgemeine anerkannte Regeln der Technik**
 - **DIN EN 12464-1 Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen**
 - **DIN EN 12464-2 Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien**
 - **DIN EN 1838 Notbeleuchtung**



- **Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland - GG**
- **Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Unfallversicherung – SGB VII**

Aufgabe der Unfallversicherung ist es Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten sowie arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren zu verhüten, nach Eintritt von Arbeitsunfällen oder Berufskrankheiten die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Versicherten mit allen geeigneten Mitteln wiederherzustellen und sie oder ihre Hinterbliebenen durch Geldleistungen zu entschädigen.
- **Unfallverhütungsvorschriften - DGUV-Vorschriften**
 - DGUV Vorschrift 1 Grundsätze der Prävention
 - DGUV Vorschrift 3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- **Informationsmaterial – DGUV-Informationen**
 - DGUV Information 215-210 Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten
 - DGUV Information 215-211 Tageslicht am Arbeitsplatz - leistungsfördernd und gesund
 - DGUV Information 215-410 Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung
 - DGUV Information 215-442 Beleuchtung im Büro - Hilfen für die Planung der künstlichen Beleuchtung in Büroräumen
 - DGUV Information 215-444 Sonnenschutz im Büro
 - DGUV Grundsatz 315-201 Anforderungen an die Ausbildung von fachkundigen Personen für die Überprüfung und Beurteilung der Beleuchtung von Arbeitsstätten

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

ANWENDER UND BEREICHE



Anwender

- Krankenhäuser & Kliniken
- Pflegeheime & Seniorenheime
- Arztpraxen
- Rehabilitation

Bereiche

- Empfangs- & Eingangsbereiche
- Flure & Verkehrswege
- Behandlungszimmer
- Patientenzimmer
- Operationssäle
- Obduktionssäle & Leichenhallen



<https://www.saxonia-licht.de/beleuchtung-im-gesundheitswesen>

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

GESUNDHEITSEINRICHTUNGEN - MINDESTWERTE – ASR A3.4

Arbeitsbereiche, Arbeitsplätze, Tätigkeiten	Mindestwert der Beleuchtungsstärke lx	Mindestwert der Farbwiedergabe Index Ra	Bemerkung
Flure: während des Tages	200	80	Zur Durchführung der medizinischen Behandlung können höhere Werte erforderlich sein.
Flure: während der Nacht	50	80	
Allgemeinbeleuchtung ohne regelmäßigen Aufenthalt von Beschäftigten	200	80	
Nachtbeleuchtung, Übersichtsbeleuchtung in nicht regelmäßig begangenen Bereichen	5	80	
risikoarme medizinische oder pflegerische Tätigkeiten ohne Kontakt zu Körperflüssigkeiten, Körperausscheidungen oder kontaminierten Gegenständen	300	90	
Arbeitsbereiche für medizinische oder pflegerische Tätigkeiten mit erhöhtem Gefährdungspotential durch Umgang mit <ul style="list-style-type: none">▪ Körperflüssigkeiten, Körperausscheidungen oder kontaminierten Gegenständen oder▪ mit spitzen, scharfen, sich bewegenden oder heißen Instrumenten	500	90	
Teilfläche für medizinische oder pflegerische Tätigkeiten mit erhöhtem Gefährdungspotential durch Umgang mit <ul style="list-style-type: none">▪ Körperflüssigkeiten, Körperausscheidungen oder kontaminierten Gegenständen oder▪ mit spitzen, scharfen, sich bewegenden oder heißen Instrumenten	1000	90	
Überwachung von Patienten in der Nacht	50	90	
Bildgebende Diagnostik mit Bildverstärkern und Fernsehsystemen	50	80	
Medizinische Bäder, Massage und Strahlentherapie	300	80	
Instrumentenaufbereitung, Dienstzimmer	500	80	
Laboratorien für den Gesundheitsdienst	500	90	

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

GESUNDHEITSEINRICHTUNGEN - MINDESTWERTE – DIN EN 12464-1

Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	Mindestwert der Beleuchtungsstärke lx	Mindestwert der Farbwiedergabe Index Ra	Bemerkung
Operationsbereich			
Vorbereitungs- und Aufwachräume	500	90	
(Aufwachraum) Aufwachphase	100	-	
(Aufwachräume) Zusatzbeleuchtung im Bedarfsfall	1000	85	
Operationssäle	1000	90	
Operationsumfeld	2000	90	
Operationsfeld	40000 ... 160000	90	
Obduktionsräume und Leichenhallen			
Allgemeinbeleuchtung	500	90	
Obduktions- und Seziertisch	5000	90	Höhere Werte können erforderlich sein.

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

NOTBELEUCHTUNG - MINDESTWERTE – DIN EN 1838 / ASR A2.3

Sicherheitsbeleuchtung	Mindestwert der Beleuchtungsstärke lx	Mindestwert der Farbwiedergabe Index Ra	Bemerkung
Erste Hilfe Stellen	≥ 5	≥ 40	innerhalb von 2 m
Brandbekämpfungs- oder Meldeeinrichtungen	≥ 5	≥ 40	innerhalb von 2 m
Rettungswege	≥ 1	≥ 40	entlang der Mittellinie, Gleichmäßigkeit $\leq 40:1$, noch mindestens 50% innerhalb 0,5 m links und rechts der Mitte
Antipanikbeleuchtung *	$\geq 0,5$	≥ 40	freie Bodenfläche, ausgenommen Randbereich 0,5 m, Gleichmäßigkeit $\leq 40:1$
Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung	≥ 15 und ≥ 10 % des Wartungswerts	≥ 40	Wartungswert bezogen auf die Sehaufgabe
Messhöhe	DIN EN 1838 ≤ 2 cm ASR A2.3 ≤ 20 cm		

* wird in Deutschland üblicherweise wie Rettungswege projektiert (1 lx)

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

HUMAN CENTRIC LIGHTING - AUGEN, CIRCADIANER RHYTHMUS



Fotorezeptoren im Auge

- **Zapfen** (R, G, B) sind zuständig für das Farbsehen
- **Stäbchen** sind zuständig für das Dämmerungssehen
- **Retinale Ganglienzellen** sind mit der Zirbeldrüse verbunden und synchronisieren die innere Uhr

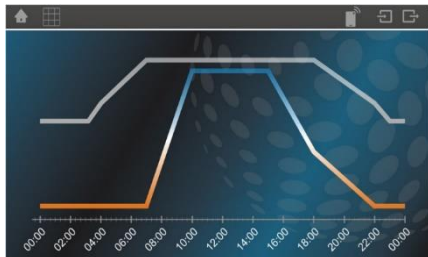


Circadianer Rhythmus (24h) wird gesteuert über Hormone

- Abends: **Melatonin ++** => Ermüdung, Stoffwechsel --
- 3 h morgens: **Cortisol ++** => Aufwachen, Stoffwechsel ++
- Tagsüber: **Serotonin ++** => Stimmung ++, Leistung ++

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

HUMAN CENTRIC LIGHTING – FARBTEMPERATUR, HELLIGKEIT



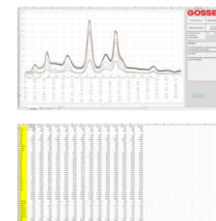
Biologischer Einfluss des Lichts auf den Menschen in Abhängigkeit vom Tagesverlauf

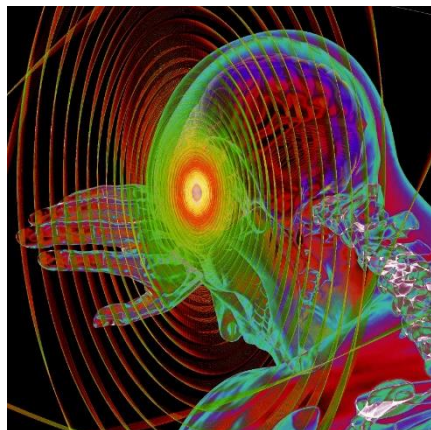
- Synchronisation des Schlaf-Wach-Zyklus an Tag-Nacht-Rhythmus
- Aktivierung und Steigerung der Konzentration
- Erhöhung der Leistungsbereitschaft
- Reduzierung der Müdigkeit
- Einleitung und Optimierung von Erholungsphasen
- Verbesserung der Stimmungslage
- Stärkung des Immunsystems

Anpassung von **Farbtemperatur** und **Helligkeit** an den natürlichen Tagesablauf, bzw. zur Erzielung eines gewünschten Effekts. **Verifizierung** der Lichtsteuerfunktion mit **MAVOSPEC BASE / MAVOSPEC LITE**, Rechner und **Excel Makro für Datalogging**.

Kurvenwerte		
Uhrzeit	Farbe	Helligkeit
03:10	2700 K	55 %
04:00	2700 K	68 %
07:00	2700 K	100 %
10:00	6500 K	100 %
15:00	6500 K	100 %
18:00	4220 K	100 %
22:00	2700 K	68 %
23:00	2700 K	55 %

Beispiel eines melanopisch wirksamen Tagesverlaufs der Beleuchtung - Quelle: Trilux





Ökodesign-Anforderung an Lichtquellen

[EU Verordnung 2019/2020](#) seit 1.9.2021

Grenzwerte **PstLM** ≤ 1 , **SVM** $< 0,4$



Temporal Light Artefact (TLA) ist eine unerwünschte Veränderung der visuellen Wahrnehmung durch einen Lichtreiz (Temporal Light Modulation, TLM), dessen Leuchtdichte oder spektrale Verteilung mit der Zeit schwankt.

Auswirkungen auf den Menschen

- **Lichtempfindliche Epilepsie** – blinkende Lichter stimulieren epileptische Anfälle
- **Stroboskopeffekt** – gefährlich bei Arbeiten mit rotierenden Maschinen
- **Migräne** oder **starke Kopfschmerzen** oft verbunden mit Übelkeit und Sehstörungen
- **Verstärktes repetitives Verhalten** bei Personen mit Autismus
- **Asthenopie** (Augenbelastung), einschließlich Müdigkeit, verschwommenes Sehen, herkömmliche Kopfschmerzen, verminderte Leistung bei sehbezogenen Aufgaben
- **Andere:** Panikattacken, Angstzustände, erhöhte Herzfrequenz, Schwindelgefühle
- **Außerdem:** Interferenzen mit Bildverarbeitungsgeräten (Video- und Sicherheitskameras, Barcode-Scanner usw.)

PstLM = kurzzeitige Lichtmodulation - misst sichtbaren Flicker – 0,3 Hz bis 80 Hz

SVM = Stroboskopische Sichtbarkeitsmessung - bewertet Stroboskopeffekt der bei bewegten Objekten auftreten kann – 80 Hz bis 2000 Hz

BELEUCHTUNG VON ARBEITSSTÄTTEN

ANFORDERUNGEN AN DIE MESSMITTEL

Beleuchtung von Arbeitsstätten – Arbeitsstätten in Innenräumen DIN EN 12464-1

Beleuchtung von Arbeitsstätten – Arbeitsplätze im Freien DIN EN 12464-2

Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung – ASR A3.4

	Beleuchtungsstärke		Blendung Leuchtdichte, 1° ... 5° 0,05 cd/m ² ... 1000 cd/m ² Klasse B, DIN 5032-7 Werkskalibrierung	Lichtfarbe (CCT) Farbwiedergabe (Ra) [Flimmern]	Flicker PStLM, SVM
--	--------------------	--	---	---	-----------------------

Notbeleuchtung – DIN EN 1838

Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung – ASR A3.4

Technische Regeln für Arbeitsstätten – Fluchtwege und Notausgänge – ASR A2.3

	Sicherheits-, Antipanik- und Ersatzbeleuchtung mindestens 0,5 ... 1 lx Messunsicherheit < 10 % MAVOLUX 5032 B USB		Sicherheitszeichen Leuchtdichte + Kontrast Fehlertoleranz < 10 %	Farbwiedergabe (Ra)	
Messgerät	MAVOLUX 5032 B USB MAVOLUX 5032 B - Kit		MAVO-SPOT 2 USB	MAVOSPEC LITE MAVOSPEC BASE	MAVOPAD



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für weitere Informationen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.



Klaus-Peter Richter

Dipl.-Ing. (FH)
Geschäftsführer / Managing Director

t +49 911 800 621 10
m +49 170 565 4059
klaus-peter.richter@gossen-photo.de

GOSSEN Foto- und
Lichtmesstechnik GmbH
Lina-Ammon-Str. 22
D-90471 Nürnberg

t +49 911 800 621 0
www.gossen-photo.de