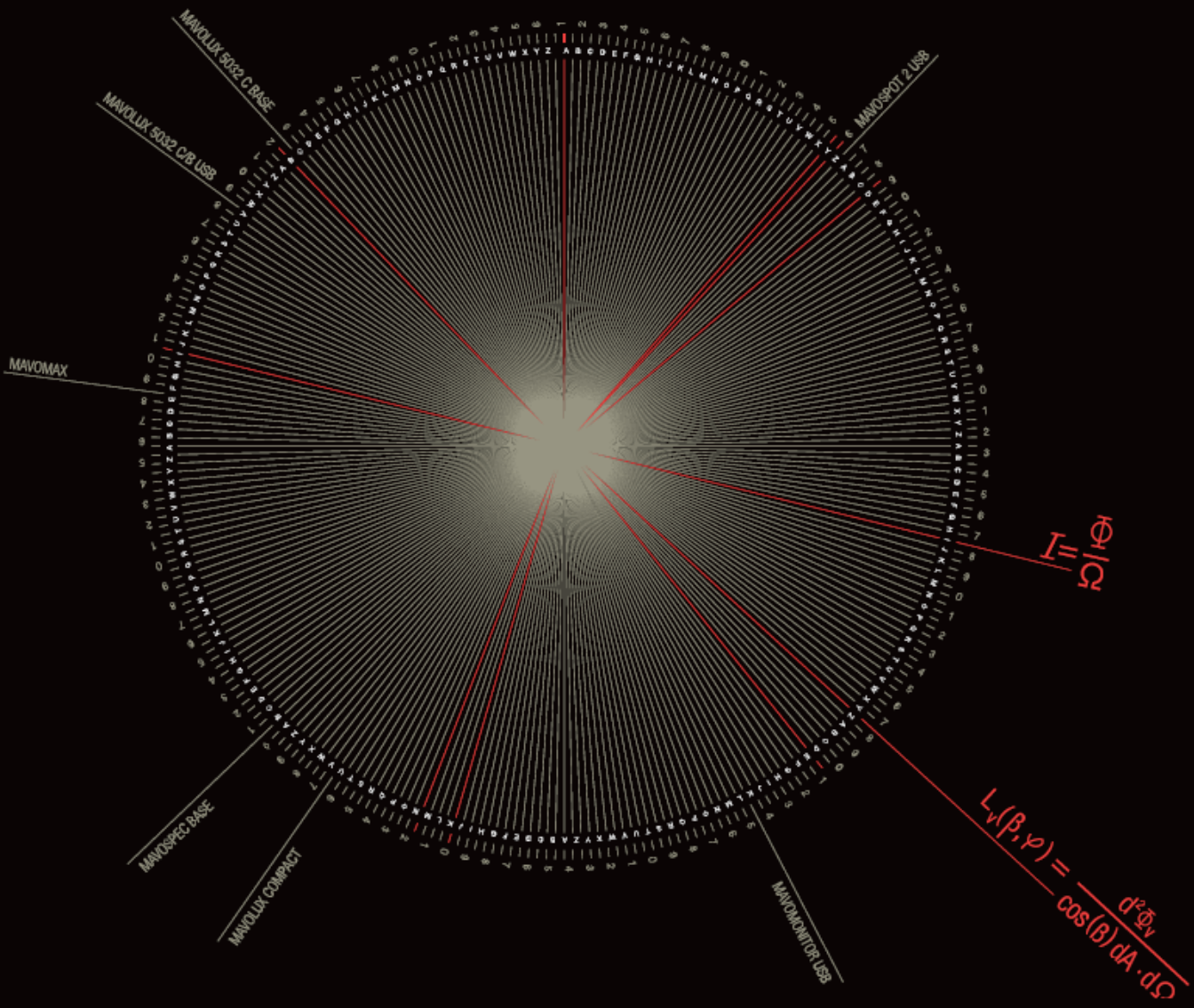


Kompendium der UV Messtechnik



Vorwort

Licht ist die Grundlage unseres Lebens, es sorgt dafür dass sich Pflanzen und Lebewesen entwickeln, versorgt uns mit Nährstoffen und steigert unsere Lebensqualität. Über 80 % der Informationen aus unserer Umwelt nehmen wir über das Auge auf. Dabei erkennen wir Menschen den Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm, als Licht oder sichtbare Strahlung. Nach unten schließt sich die für den Menschen nicht sicht- oder wahrnehmbare UV-Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 380 nm an. In der Natur kommt meist Strahlung im UV-A und UV-B Bereich vor. Generell kann die UV-Strahlung die Haut und die Augen des Menschen schädigen wodurch ein sicherer Umgang mit der UV-Strahlung geboten ist.

UV-Strahlung hat zahlreiche Einsatzgebiete

Für technische Anwendungen erzeugt man die UV-Strahlung künstlich und nutzt diese für verschiedene Anwendungsbereiche. Dazu gehören das Kleben, das Härten von Lacken, die Lumineszenz- und Fluoreszenzprüfungen, die Überprüfung der Licht- und UV-Beständigkeit von Materialien oder auch die Desinfektion von Luft, Wasser und Oberflächen, um nur einen Teil der Anwendungen zu nennen.

Prozesssicherheit durch Messung und Kalibrierung

Da UV-Strahler je nach Art der Strahlungsquelle nur eine begrenzte Lebensdauer haben ist es zwingend erforderlich, die Intensität der Strahlung regelmäßig mit einem Messgerät zu kontrollieren und dieses wiederum in regelmäßigen Zeitabständen zu Re-Kalibrieren, da auch die UV-Strahlung eine Alterung des Messgeräts hervorruft.

Die GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH bietet ein komplettes Programm an Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessgeräten sowie ein Spektrometer an. Als Kalibrierlabor erstellt GOSSEN Werkkalibrierscheine für Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte oder DAkkS Kalibrierscheine für Beleuchtungsstärke. Die Werkskalibrierungen wurden jetzt um den Bereich der Radiometrie UV-A (365 nm) erweitert und die DAkkS Akkreditierung dafür ist in Vorbereitung.

Dieses Kompendium der UV-A Messtechnik gibt einen Überblick über den gesamten Bereich der UV-Strahlung und beschäftigt sich mit deren Einteilung, Erzeugung, Sicherheitsvorkehrungen, Anwendungen und Normen, sowie deren Messung und der Kalibrierung von Messgeräten. Bei den Anwendungen wird speziell die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit den Anforderungen an die Messung und Kalibrierung behandelt, ein Bereich den GOSSEN mit der erweiterten Dienstleistung des Kalibrierlabors adressiert.

Nürnberg, Dezember 2019

Dipl.-Ing. (FH) Klaus-Peter Richter

GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH

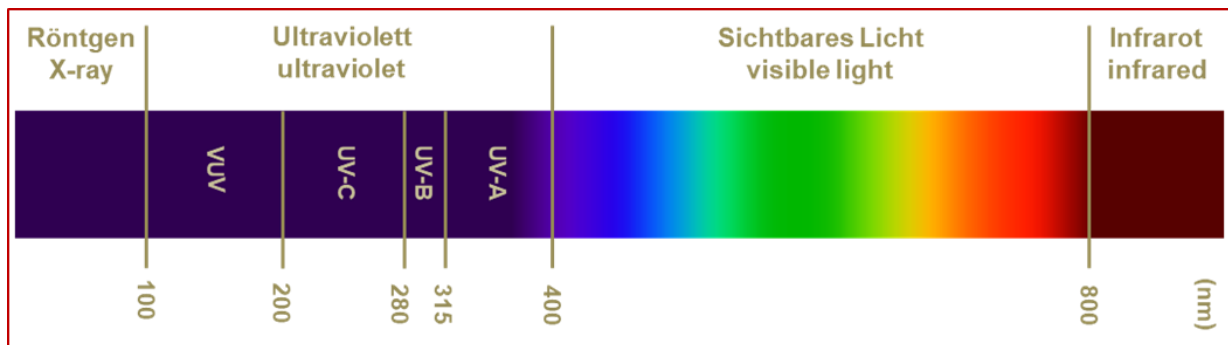
Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| <i>Was ist UV-Strahlung?</i> | 4 |
| <i>Einteilung der UV-Strahlung</i> | 4 |
| <i>Wie kann man UV-Strahlung sichtbar machen?</i> | 6 |
| <i>Wie wird UV-Strahlung erzeugt?</i> | 7 |
| Entladungsgefäße aus Quarzglas | 7 |
| Quecksilber-Niederdrucklampen | 7 |
| Quecksilber-Mitteldrucklampen..... | 7 |
| Amalgamlampen | 8 |
| Wood-Lampen..... | 8 |
| Schwarzlichtlampen..... | 8 |
| Excimer-Laser | 9 |
| YAG-Laser und YVO4-Laser..... | 9 |
| UV-Leuchtdioden..... | 9 |
| <i>Lebensdauer von UV-Lampen</i> | 10 |
| <i>Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen</i> | 11 |
| <i>Sicherer Umgang mit UV-Strahlung</i> | 12 |
| Schutzmaßnahmen für Arbeitsplätze mit UV-Strahlung | 12 |
| Regeln und Normen..... | 13 |
| <i>Anwendungen der UV-Technik</i> | 14 |
| <i>Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung</i> | 17 |
| Fluoreszierende Eindring- und Magnetpulverprüfung | 17 |
| UV-Strahlungsquellen | 17 |
| Messgeräte für die fluoreszierend Eindring- und Magnetpulverprüfung | 18 |
| Kalibrierung der Messgeräte | 19 |
| Normen und Vorschriften | 20 |
| <i>Grundbegriffe</i> | 21 |
| Beleuchtungsstärke E [lx]..... | 21 |
| Bestrahlungsstärke E [W/m ²] | 21 |
| <i>Kalibrierpflicht von Messmitteln</i> | 22 |
| GOSSEN Kalibrierbereiche..... | 23 |

Was ist UV-Strahlung?

Wenn wir von UV- oder auch ultravioletter Strahlung sprechen, dann meinen wir einen Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm aus dem breiten Spektrum der elektromagnetischen Strahlung. Dieser liegt unterhalb des vom Menschen als Licht oder sichtbare Strahlung wahrgenommenen Wellenlängenbereichs von 380 nm bis 780 nm.

Der manchmal fälschlich verwendete Begriff von UV-Licht klingt relativ harmlos, darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die UV-Strahlung für den Menschen nicht sichtbar oder wahrnehmbar ist und Schädigungen an den Augen und der Haut hervorrufen kann. Der sichere Umgang mit UV-Strahlungsquellen und die Messung der UV-Strahlung sind deshalb unerlässlich.



Wellenlängen der elektromagnetischen Strahlung

Einteilung der UV-Strahlung

Die UV-Strahlung wird in drei Wellenlängenbereiche UV-A, UV-B und UV-C unterteilt. In der natürlichen, von der Sonne ausgehenden Strahlung sind diese Bereiche ebenfalls enthalten und kommen mit verschiedenen Intensitäten auf der Erdoberfläche an. Für technische Anwendungen erzeugt man die UV-Strahlung künstlich und nutzt diese für verschiedene Anwendungsbereiche.

Der **UV-A Spektralbereich** geht von **315 nm bis 400 nm**, international auch von **320 nm bis 400 nm**. Die natürliche UV-A Strahlung der Sonne wird von der Atmosphäre nicht abgefangen und erreicht nahezu vollständig die Erdoberfläche. Bei den technischen Anwendungen kommt dieser Spektralbereich für das Kleben, das Härten von Lacken sowie die Lumineszenz- und Fluoreszenzprüfungen zum Einsatz.

Der energiereichere **UV-B Spektralbereich** geht von **280 nm bis 315 nm**. Die natürliche UV-B Strahlung der Sonne wird zum größten Teil durch die Atmosphäre ausgefiltert und nur etwa 10 % davon erreicht die Erdoberfläche. Bei Störungen der Ozonschicht erhöht sich dieser Wert jedoch. Bei den technischen Anwendungen kommt dieser Spektralbereich eigentlich nur zur Überprüfung der Lichtbeständigkeit durch UV-Alterung oder Bewitterung zum Einsatz. Setzt man ein Produkt einer hohen künstlich erzeugten UV-B Strahlung aus, dann erhält man nach kurzer Zeit ein Aussage darüber wie sich das Produkt langfristig unter der geringeren natürlichen UV-B Strahlung verhält.

Der besonders energiereiche **UV-C Spektralbereich** geht von **100 nm bis 280 nm**. Die natürliche UV-C Strahlung der Sonne wird in den oberen Atmosphärenschichten vollständig ausgefiltert und erreicht die Erdoberfläche nicht. Bei den technischen Anwendungen kommt dieser Spektralbereich vorwiegend bei der Desinfektion von Luft, Wasser und Oberflächen zum Einsatz.

| Benennung der Strahlung | Kurzzeichen | Wellenlänge |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|
| Ultraviolettstrahlung | UV | 100 nm ... < 380 nm |
| Vakuum-UV | VUV UV-C | 100 nm ... < 200 nm |
| Fernes UV | FUV UV-C | 200 nm ... < 280 nm |
| Mittleres UV | UV-B | 280 nm ... < 315 nm |
| Nahes UV | UV-A | 315 nm ... < 380 nm |
| Sichtbare Strahlung, Licht | VIS | 380 nm ... < 780 nm |
| | <i>Violett</i> | <i>380 nm ... < 430 nm</i> |
| | <i>Blau</i> | <i>430 nm ... < 490 nm</i> |
| | <i>Grün</i> | <i>490 nm ... < 570 nm</i> |
| | <i>Gelb</i> | <i>570 nm ... < 600 nm</i> |
| | <i>Orange</i> | <i>600 nm ... < 640 nm</i> |
| | <i>Rot</i> | <i>640 nm ... < 780 nm</i> |
| Infrarotstrahlung | IR | 780 nm ... < 1000 µm |
| Nahes Infrarot | NIR IR-A | 780 nm ... < 1,4 µm |
| | NIR IR-B | 1,4 µm ... < 3,0 µm |
| Mittleres Infrarot | MIR IR-C | 3,0 µm ... < 50 µm |
| Fernes Infrarot | FIR IR-C | 50 µm ... < 1000 µm |

Klassifizierung der optischen Strahlung

Die Wellenlänge λ hängt über die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $c = 299.792,458 \text{ km/s}$ mit der Frequenz f zusammen.

$$\text{Wellenlänge } \lambda = \text{Lichtgeschwindigkeit } c / \text{Frequenz } f$$

Üblicherweise werden für die Bezeichnung der sehr kleinen Wellenlängen und der sehr großen Frequenzen nachfolgende SI Vorsätze für die Maßeinheiten verwendet.

| | | |
|------------|---|--------------|
| Millimeter | 1 mm = 10^{-3} m = 0,001 m | Tausendstel |
| Mikrometer | 1 µm = 10^{-6} m = 0,000.001 m | Millionstel |
| Nanometer | 1 nm = 10^{-9} m = 0,000.000.001 m | Milliardstel |
| Picometer | 1 pm = 10^{-12} m = 0,000.000.000.001 m | Billionstel |
| | | |
| Kilohertz | 1 kHz = 10^3 Hz = 1.000 Hz | Tausend |
| Megahertz | 1 MHz = 10^6 Hz = 1.000.000 Hz | Million |
| Gigahertz | 1 GHz = 10^9 Hz = 1.000.000.000 Hz | Milliarde |
| Terahertz | 1 THz = 10^{12} Hz = 1.000.000.000.000 Hz | Billion |

SI-Vorsätze für Maßeinheiten

Wie kann man UV-Strahlung sichtbar machen?

UV-Strahlung ist für den Menschen nicht sichtbar. Eine einfache Methode um sie sichtbar zu machen ist die Verwendung fluoreszierender Stoffe, die beim Kontakt mit UV-Strahlung angeregt werden, diese in sichtbares Licht umwandeln und selbst zu leuchten beginnen. Dieser Effekt wird sowohl als qualitativer Nachweis vorhandener UV-Strahlung als auch in der Lecksuche und zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt.

Die quantitative Erfassung der UV-Strahlung erfolgt mit spezifischen, auf die Wellenlänge oder den Wellenlängenbereich abgestimmten UV-Sonden und Messgeräten. Alle UV-Sonden haben einen Diffusor, der die Messung der absoluten Bestrahlungsstärke ermöglicht und bei nicht-senkrechter Bestrahlung die erforderliche cos-getreue Bewertung sicherstellt. Zur Reproduzierbarkeit der Messung sollte immer eine gleichbleibende Messposition gewährleistet werden, da die gemessene Bestrahlungsstärke beim kurzen Messabstand zur Strahlungsquelle abhängig von der Entfernung ist.

Durch einen einfachen Vergleich der Messergebnisse im Neuzustand gegenüber dem aktuellen Zustand lässt sich die Alterung der Strahlungsquelle feststellen und die Entscheidung zum Austausch treffen. Die Messung der UV-Strahlung ist wesentlicher Bestandteil der Prozess- und Qualitätssicherung.



Bitte beachten Sie, dass UV-Sonden die der UV-Strahlung ausgesetzt sind altern und deshalb regelmäßig recalibriert und bei Bedarf ersetzt werden müssen.

Wie wird UV-Strahlung erzeugt?

Die in der Einteilung der UV-Strahlung bereits ausführlich erläuterte natürliche, von der Sonne ausgehende Strahlung, ist für technische Anwendungen nicht besonders geeignet. Sie variiert zu stark und enthält manche Wellenlängenbereiche nicht oder nur mit geringer Intensität.

Für technische Anwendungen ist es erforderlich sowohl das Emissionsspektrum als auch die Intensität der emittierten Strahlung genau zu kontrollieren um zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen. Die am meisten verbreitete Technik zur Erzeugung der UV-Strahlung beruht auf der Gasentladung in Quecksilberdampflampen mit Entladungsgefäßen aus Quarzglas.

Entladungsgefäße aus Quarzglas

Quarzglas ist ein reines Material mit hoher mechanischer und thermischer Belastbarkeit, das zudem durchlässig für UV-Strahlung ist. Durch Dotierung lässt sich die Durchlässigkeit steuern.

- Natürliches Quarzglas, Transmission ab ca. 170 nm
- Synthetische Quarzglas, Transmission ab ca. 150 nm, hohe Transmission
- Ti-dotiertes Quarzglas, Transmission ab ca. 220 nm, ozonfrei
- Cer-dotiertes Quarzglas, Transmission für UV gesperrt

Quecksilber-Niederdrucklampen

Quecksilber-Niederdrucklampen strahlen im UV-C Bereich mit Linien bei 185 nm und 254 nm. Die bakterizide Wirkung der UV-Strahlung bei 254 nm tötet Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen, Pilze und Viren ab und wird zur Desinfektion von Wasser, Luft und Oberflächen eingesetzt. Die UV-Strahlung bei 185 nm erzeugt aus dem umgebenden Luftsauerstoff Ozon, das unter Einfluss der UV-Strahlung bei 254 nm zu angeregtem Sauerstoff photolytisiert und langkettige Moleküle oxidiert. In Abhängigkeit vom eingesetzten Quarzglas sind ozonerzeugende oder ozonfreie Ausführungen verfügbar.

Anwendungen: UV-Desinfektion und Oxidation

Quecksilber-Mitteldrucklampen

Quecksilber-Mitteldrucklampen strahlen im gesamten UV-Spektralbereich (UV-A, UV-B, UV-C) mit einer Linie im UV-A Bereich bei 366 nm. Durch Dotierung mit Metallhalogeniden lässt sich das Spektrum an die jeweilige Anwendung anpassen. In Abhängigkeit vom eingesetzten Quarzglas sind ozonerzeugende oder ozonfreie Ausführungen verfügbar.

- ohne Dotierung gesamtes UV-A, UV-B, UV-C, Linie im UV-A Bereich bei 366 nm
- Gallium Dotierung UV-A Bereich mit Linie bei 420 nm
- Eisen Dotierung Spitzenemission im UV-A Bereich bei 366 nm und 440 nm
- Blei Dotierung Spitzenemission im UV-A Bereich bei 357 nm und 420 nm

Anwendungen: UV-Härtung und Trocknung
UV-Entkeimung und Oxidation

Amalgamlampen

Amalgamlampen strahlen im UV-C Bereich mit Linien bei 185 nm und 254 nm. Wie der Name schon vermuten lässt enthält diese Lampe nicht nur Quecksilber, sondern auch eine Legierung aus Quecksilber mit anderen Metallen, das sogenannte Amalgam. Die lange Lebensdauer und die hohe Leistungsdichte der UV-C Strahlung bei 254 nm machen sie zur ersten Wahl für Anwendungen in der UV-Desinfektion und Oxidation von Wasser, Luft und Oberflächen. In Abhängigkeit vom eingesetzten Quarzglas sind ozonerzeugende oder ozonfreie Ausführungen verfügbar.

Anwendungen: UV-Desinfektion und Oxidation

Wood-Lampen

Wood-Lampen sind nach ihrem Erfinder Robert Williams Wood benannte und strahlen im UV-Bereich und geringfügig auch im sichtbaren blauen Spektralbereich. Es gibt verschiedene Ausführungen für spezifische Anwendungen.

- UV-C Lampen, mit einer Linie bei 254 nm
- UV-B Lampen, mit einer Linie bei 310 nm
- UV-A Lampen, mit einer Linie bei 366 nm

Am häufigsten werden die Ausführungen im langwelligen UV-A Bereich eingesetzt. Die auch als Schwarzlichtlampen bezeichnet werden.

Anwendungen: Dermatologie, Erkennung fluoreszierender Krankheitsherde und Pigmentveränderungen
Rechtsmedizin, Nachweis von Blut und Sperma unter Einsatz von Luminol

Schwarzlichtlampen

Schwarzlichtlampen sind Quecksilberdampf-Niederdrucklampen mit Leuchtstoffen die UV-Strahlung emittieren und diese über einen Filter (schwarzblau) an die Umgebung abgeben. Wie auch bei den Wood-Lampen strahlen sie geringfügig auch im sichtbaren blauen Spektralbereich.

Anwendungen: Anregung der Leuchtwirkung von Materialien (Fluoreszenz)
Erkennung von Sicherheitsmerkmalen auf Dokumenten und Zahlungsmitteln
Erkennung von Zugangsberechtigungen zu Veranstaltungen (Neon-Stempel)
Spezialeffekte in Nachtclubs, Discos und Theatern
Untersuchung in der Mineralogie, Archäologie und Philatelie

Excimer-Laser

Excimerlaser sind Gaslaser und zählen zu den leistungsstärksten Quellen kohärenter Strahlung im UV-Bereich. Je nach eingesetztem Gasgemisch können Emissionswellenlängen von 108 nm (NeF*), 126 nm (Ar₂*), 146 nm (Kr₂*), 157 nm (F₂*), 161 nm (ArBr*), 172 nm (Xe₂*), 175 nm (ArCl*), 185 nm (KrI*), 193,3 nm (ArF*), 206 nm (KrBr*), 222 nm (KrCl*), 248,35 nm (KrF*), 253 nm (XeI*), 282 nm (XeBr*), 308 nm (XeCl*) und 351 nm (XeF*) erzeugt werden. Excimer-Laser sind sehr teuer und werden meist nur für medizinische Spezialanwendungen eingesetzt.

Anwendungen: Fotolithografie zur Herstellung hochintegrierter Halbleiter-Bauelemente
Mikro-Bearbeitung von Materialien
Medizin, Schneiden menschlichen Gewebes
Augenheilkunde, LASIK, Korrektur von Fehlsichtigkeit
Dermatologie, Behandlung von Dermatosen, Schuppenflechte,
Neurodermitis (XeCl)

YAG-Laser und YVO4-Laser

YAG-Laser sind Festkörperlaser mit einer Kristallstruktur aus Y (Yttrium), A (Aluminium) und G (Granat), die mit dem lichtemittierenden Element Nd (Neodym) dotiert ist. Durch Absorption des Lichts einer Laserdiode wird das dotierte YAG-Kristall erregt und emittiert unsichtbare Nahe-Infrarot-Strahlung mit einer Wellenlänge von 1064 nm. Zur Frequenzverdreifachung (THG-Third Harmonic Generation) wird der Strahl über zwei nichtlineare Kristalle geleitet und die Wellenlänge damit zunächst auf 532 nm und dann auf 355 nm im UV-Bereich reduziert.

YVO₄-Laser arbeiten nach demselben Verfahren nur, dass die Kristallstruktur aus Y (Yttrium), V (Vanadium), O₄ (Oxid) beziehungsweise Y (Yttrium), VO₄ (Vanadat) besteht.

Anwendungen: Markierungsarbeiten von Kunststoffen und Metallen

UV-Leuchtdioden

UV-Leuchtdioden beruhen auf der Halbleitertechnik und geben Strahlung im UV-Bereich von etwa 230 nm bis 380 nm ab. Sie bestehen aus Galliumnitrid (GaN), das mit anderen Metallen, Aluminiumnitrid (AlN) oder Aluminiumgalliumnitrid (AlGaN) angereichert wird und so die Emissionswellenlänge bestimmt. Dabei gilt, dass der Wirkungsgrad mit kürzer werdender Wellenlänge extrem abnimmt und unterhalb von 280 nm nur noch bei 2 bis 3 % liegen. Entsprechend niedrig sind dann auch die erzielbaren UV-Spitzenleistungen. Effiziente Wellenlängen liegen im Bereich von 365 nm bis 400 nm. Bei einer typischen Halbwertsbreite von 10 nm bis 12 nm lässt sich der Spektralbereich sehr effizient auf die jeweilige Anwendung abstimmen.

Anwendungen: Anregung der Leuchtwirkung von Materialien (Fluoreszenz)
Aushärtung von Klebstoffen

Lebensdauer von UV-Lampen

Die verschiedenen Hersteller von UV-Lampen machen in ihren technischen Daten sehr unterschiedliche Angaben hinsichtlich der Lebensdauer. Manche geben nur eine Lebensdauer an, manche ergänzen nach wieviel Betriebsstunden die Intensität um welche Prozent zurückgegangen ist. Andere wiederum sprechen von einer mittleren Lebensdauer nach der 50 % der Lampen ausgefallen sind. Teilweise werden auch die Randbedingungen wie die Schalthäufigkeit innerhalb einer Brenndauer angegeben.


Von Interesse für den Anwender ist zum einen die physikalische Lebensdauer die zum Totalausfall der Lampe führt und geprägt ist durch den Verschleiß von Elektroden, Gasfüllung und Bruch des Strahlers. Zum anderen ist es die Nutzlebensdauer, die angibt wie lange bei alterungsbedingter Intensitätsabnahme des Strahlers die zweckorientierte Funktion des Geräts oder der Anlage sichergestellt ist.

UV-Lampen unterliegen, wie alle anderen Lampen auch, einer natürlichen Alterung die von Betriebsspannung, Brenndauer, Schalthäufigkeit, Betriebstemperatur, Verschmutzung, Wärmeableitung und mechanischer Beanspruchung abhängt.

Die physikalische Lebensdauer wird in der Regel vom Hersteller der UV-Lampe ermittelt und angegeben. Sie ist die Basis für die Bestimmung der Nutzlebensdauer durch den Konstrukteur des Geräts oder der Anlage. Dieser berücksichtigt dabei die Einflüsse der natürlichen Alterung der UV-Lampe sowie die minimale zur Funktion des Geräts oder der Anlage erforderlichen Strahlungsintensität.

Übersicht über die Lebensdauer von UV-Lampen:

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| Quecksilber-Niederdrucklampen | 8000 h – 16000 h |
| Quecksilber-Mitteldrucklampen | 1500 h – 5000 h |
| Amalgamlampen | 12000 h – 20000 h |
| Wood-Lampen | 2000 h – 4000 h |
| Schwarzlichtlampen | 2000 h – 8000 h |
| UV-Leuchtdioden | > 20000 h |

 Bitte beachten Sie, dass UV-Lampen eine relativ kurze Lebensdauer haben und deshalb die Intensität der Strahlung und somit deren Wirksamkeit regelmäßig durch Messung überwacht werden muss. Die dafür eingesetzten Messgeräte sind ebenfalls regelmäßig zu recalibriert und deren Funktion sicherzustellen.

Wirkung von UV-Strahlung auf den Menschen

Natürliche oder auch künstliche UV-Strahlung wirken in erster Linie auf die Haut und die Augen des Menschen ein, werden von den Zellen absorbiert und können zu unterschiedlichen Veränderungen führen. Dabei dringt die langwellige UV-A Strahlung tiefer ein als die kurzwelligere UV-B Strahlung. Die Schädigung des Erbguts ist die gravierendste Veränderung, die meist jedoch durch zelleigene Reparatursysteme wieder korrigiert wird. Übermäßige Exposition kann jedoch zur Überlastung dieser Systeme führen und die Schäden sind nicht mehr vollständig oder fehlerfrei zu beseitigen. Daraus resultierende Erbgutveränderungen führen zu einem erhöhten Hautkrebsrisiko.

Kurzfristige Wirkungen treten unmittelbar nach der Exposition auf, während langfristige Wirkungen erst nach Jahren oder Jahrzehnten als Spätfolgen auftreten.

Augen

Haut

Kurzfristige Wirkungen

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Bindehautentzündung (UV-B, UV-C)▪ Hornhautentzündung (UV-B, UV-C)▪ Photochemische Netzhautschwächen | <ul style="list-style-type: none">▪ Bräunung (UV-A)▪ Bildung einer Lichtschwiele (UV-B)▪ Sonnenbrand (UV-B, UV-C)▪ Sonnenallergie (UV-A, UV-B)▪ Fototoxische Reaktionen (UV-A)▪ Schwächung des Immunsystems (UV-B)▪ Vitamin-D-Bildung (UV-B) |
|---|--|

Langfristige Wirkungen

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Linsentrübung, grauer Star (UV-A) | <ul style="list-style-type: none">▪ Hautalterung (UV-A)▪ Hautkrebs (UV-A, UV-B, UV-C) |
|---|--|

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der natürlichen und der künstlichen UV-Strahlung sind die vorhandenen Spektralbereiche. Während in der Natur meist nur UV-A und in geringerem Maße UV-B vorkommen, wird gerade die energiereiche UV-C Strahlung zur Entkeimung und Sterilisierung künstlich erzeugt. Nebeneffekt der UV-C Strahlung ist die Bildung von Ozon, das die Lunge schädigen kann.

Bei der künstlichen Erzeugung der UV-Strahlung ist die Strahlungsquelle kontrollierbar und steuerbar. Sowohl sicherheitstechnische Schutzmaßnahmen können realisiert, als auch vorwiegend exponierten Stellen wie Gesicht, Hände und Augen können durch tragen einer persönlichen Schutzausrüstung vor Strahlung geschützt werden.

Sicherer Umgang mit UV-Strahlung

Schutzmaßnahmen für Arbeitsplätze mit UV-Strahlung

Ergibt sich bei der Gefährdungsbeurteilung von Arbeitsplätzen eine von der UV-Strahlung ausgehende Gefährdung für den Menschen, dann sind bevorzugt technische oder organisatorische Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Ist dies nicht möglich, dann ist eine persönliche Schutzausrüstung bereitzustellen.

Technische Schutzmaßnahmen

- Die UV-Strahlungsquelle muss so abgeschirmt sein, dass keine gesundheitsgefährdende Strahlung nach außen dringen kann. Zusätzlich muss die Strahlungsquelle beim Öffnen häufig bewegter Gehäuseteile automatisch abschalten. Andere Gehäuseteile die nur zu Wartungszwecken geöffnet werden sind so zu gestalten, dass sie nur mit Werkzeug entfernt werden können.
- Fall Ozon entsteht ist dieses abzusaugen und unter Berücksichtigung der Emissionswerte ins Freie abzuführen.

Organisatorische Schutzmaßnahmen

- Expositionsdauer beschränken
- Gefahrenbereiche durch Warn- oder Hinweisschilder kennzeichnen
- Zugang nur für besonders unterwiesenes Personal



Persönliche Schutzausrüstung und Verhaltensregeln

- Langärmelige Kleidung zum Abdecken der Haut und möglichst Handschuhe tragen
- Unbedeckte Hautpartien mit Sonnencreme (LSF \geq 15) schützen
- UV-absorbierende Brillen tragen (EN 170)
- Nicht mit optischen Fokussiergeräte (Lupen, Teleskope, Mikroskope) in den UV-Strahl schauen
- Niemals direkt in die UV-Strahlungsquelle oder deren Spiegelungen in glänzenden Flächen sehen
- Niemals den UV-Strahl auf andere Menschen richten
- UV-Strahlungsquelle möglichst unterhalb der Augenhöhe positionieren
- Keine UV-Strahlungsquellen mit beschädigten oder gebrochenen Filtern verwenden



uvex astrospec 2.0



uvex super f OTG

UV-absorbierende Brillen

(Quelle: www.uvex-safety.com)

Regeln und Normen

- **OStrV**
Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung
<http://www.gesetze-im-internet.de/ostrv/index.html>
- **EU-RICHTLINIE 2006/25/EG**
Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung)
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0038:0059:DE:PDF>
- **TROS IOS**
Technische Regeln Optische Strahlung – Inkohärente optische Strahlung
https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a228-technische-regeln-inkohaeärente-optische-strahlung.pdf;jsessionid=15852F259973918617D160835DBFDD1A?__blob=publicationFile&v=2
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TROS/TROS.html#doc8686874bodyText1>
- **DGZfP - Merkblatt EM 06**
Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren - Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung
Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V.
Dieses Merkblatt wird meist von den Herstellern zu deren Lampen / Einrichtungen mitgeliefert.
<http://www.dgzfp.de/Dienste/Publikationen/kategorie/Richtlinien>
- **DIN EN 62471**
Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (IEC 62471:2006, modifiziert)
<https://www.beuth.de/de/norm/din-en-62471/115316882>
- **DIN EN 170**
Persönlicher Augenschutz - Ultraviolettschutzfilter - Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung

Anwendungen der UV-Technik

| UV-Strahlungsquellen | Anwendungsbeispiele |
|--|--|
| Aushärtung von Polymeren (Farben, Lacke, Klebstoffe, Vergussmassen) | |
| <p>UV-A (320nm ... 400nm)</p> <p>teilweise auch Blaulicht (380nm ... 550nm) für</p> <p>teilweise auch UV-C (254nm) für schnelle Oberflächen-aushärtung</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Möbelindustrie - Härtung bzw. Trocknung von Farben, Beschichtungen und Harzen bei der Herstellung von Sitzmöbeln, Tischen, Küchen, Türen ▪ Druckindustrie – Härtung bzw. Trocknung von spezieller lösemittelfreier Druckfarbe vorwiegend beim Offset- und Inkjetdruck. ▪ Automobilindustrie – Härtung von Kunstharz bei der Reparatur von Steinschlägen auf Autoscheiben. ▪ Elektroindustrie – Härtung beim Kleben und Vergießen von elektronischen und optoelektronischen Bauteilen, Bestücken von Leiterplatten. ▪ Zahnmedizin, Zahntechnik – Härtung lichthärtender zahntechnischer Materialien für Verblendungen, Abdrücke, Aufbisschienen, ▪ Kosmetik – Härtung von Kunststoffen für das Modellieren von künstlichen Fingernägeln. |
| Entkeimung - Desinfektion (Wasser, Luft, Oberflächen) | |
| <p>UV-C (200nm – 280nm)</p> <p>meist UV-C (254nm), stark bakterizid</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wasserversorgung, Wasseraufbereitung – Geschmacks-, geruchs- und ph-neutraler Abbau gesundheitsschädlicher Chemikalien wie Pestiziden, Herbiziden, Arzneimittel, und Zerstörung von Bakterien, Viren oder Parasiten frei von Resistenzbildung. Breites Einsatzgebiet: Trinkwasser-, Prozesswasser-, Ballastwasseraufbereitung, industrielle und kommunale Abwasserreinigung. ▪ Luftentkeimung – Chemikalienfreie Zerstörung von Viren, Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen durch Absorption der Strahlung in deren DNA und Zerstörung ihrer Struktur. Einsatz in stark frequentierten Bereichen, Krankenhäuser, Arztpraxen, Flughäfen und Industrie. ▪ Entkeimung von Packstoffen und Oberflächen – Behandlung vor der Befüllung um Verderbniskeime wie Bakterien, Hefe oder Pilze unschädlich zu machen. ▪ Desinfektionsschleusen – Einzelne Materialien können vor Einbringung in Bereiche keimfrei gemacht werden. |
| <p>UV-A (365 nm)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Insektenfallen – Insekten als Überträger von Keimen werden von der UV-Strahlung magisch angezogen und können auf verschiedene Arten vernichtet werden. |

| Photostabilität – Lichtstabilität | |
|--|--|
| UV-A (320nm...400nm) UV-B (280nm...320nm) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Photostabilität – Das Alterungsverhalten von Kunststoffen, Metallen, Beschichtungen, Lacken und anderen Materialien kann durch eine Sonnensimulation überprüft werden. Dabei lässt sich durch eine permanente Bestrahlung mit einer sehr hohen Bestrahlungsstärke, der erforderliche Beobachtungszeitraum für eine Langzeitaussage erheblich reduzieren. Es gibt sowohl Bestrahlungskammern für die künstliche Bestrahlung als auch natürliche Bestrahlungssysteme mit Spiegeln für eine erhöhte Strahlungskonzentration. Einsatzgebiete sind die Automobil- und Flugzeugindustrie, das Baugewerbe sowie viele andere Gebiete bei denen die Produkte den Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. |
| Synthetische Photochemie | |
| abhängig vom jeweilig zu erzeugendem Stoff und der gewünschten Reaktion | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Photochemische Synthese – Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass durch Zufuhr von energiereicher UV-Strahlung aufwendige Syntheseschritte verkürzt und hohe Ausbeuten erzielt werden. Einsatzgebiete sind z.B. Photochlorierung, Sulfochlorierung, Photonitrosierung, Photoaddition, Photobromierung, Photopolymerisation, Photodimerisierung. |
| Industrielle Abluftreinigung | |
| Vakuum UV (185nm) mit Ozonbildung | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Photochemische Luftbehandlung – Gerüche und Schadstoffe in der Luft werden durch VUV neutralisiert. VUV erzeugt ebenfalls aus der umgebenden Luft Ozon, das mit Fetten und Aromastoffen reagiert und zu angeregtem Sauerstoff zerfällt. Einsatzgebiete sind der Abbau von: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unangenehmen Gerüchen in der lebensmittelverarbeitenden Industrie, Küchenabluftsystemen, Müllverarbeitungsanlagen, Kläranlagen, Tierställen ▪ Fetten wie z.B. in Küchenabluftsystemen ▪ Lösungsmitteln bzw. flüchtige organische Verbindungen (VOC) ▪ Chemikalien wie Tri, Per, Ammoniak, u.a. |

| Medizinische Anwendung – Lichttherapie / Diagnostik | |
|---|---|
| <p>Schmalband-UVB-Lichttherapie (311nm ... 313nm)</p> <p>PUVA – Psoreale (Lichtsensibilisatoren) kombiniert mit Breitspektrum UVA</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dermatologie – Therapie von Psoriasis (Schuppenflechte), Ekzemen, Neurodermitis, Mastozytose, Vitiligo (Weißflecken-Krankheit), Knötchenflechte (Lichen ruber planus), Sonnenallergie ▪ Kinderheilkunde - Therapie von Neugeborenen-Gelbsucht ▪ Allgemeinmedizin – Therapie von Vitamin D3-Mangel ▪ Kosmetik – Kosmetische Bräunung in Solarien |
| <p>Wood-Lampe</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dermatologie - Erkennung von fluoreszierender Hautkeimen (<i>Corynebacterium minutissimum</i>) und von Pigmentstörungen |
| Lumineszenzanregung – Fluoreszenz | |
| <p>UV-A 365 nm (ZMP)</p> <p>UV-A (315nm ... 400nm)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zerstörungsfreie Materialprüfung – Nachweis von etwaigen Materialfehlern unter Einsatz von fluoreszierenden Eindringmitteln oder Magnetpulvern. Einsatzgebiete sind Luftfahrtindustrie, Öl- und Gasindustrie, Fertigungsbetriebe, Schweißtechnik, Lecksuche und Militär. ▪ Echtheitsprüfung - Erkennung von fluoreszierenden Sicherheitsmerkmalen auf Dokumenten, Briefmarken und Banknoten. ▪ Kunst- und Antiquitätenhandel – Erkennung von Reparaturen bei Kunstwerken, Möbeln und Sammelgegenständen. ▪ Effektlicht für Diskotheken, Shows, Schwarzlichttheater, Malerei und Plastik mit fluoreszierenden Materialien ▪ Forensik - Suche nach Fingerabdrücken, Blut, Körperflüssigkeiten, Brandursachen am Tatort oder im Labor. Mit fluoreszierendem Material behandelte Fingerabdrücke oder Blutproben sowie Körperflüssigkeiten leuchten. Unverbrauchte Brandbeschleuniger sowie Kohlenstoffreste von chemischen Brennstoffen werden sichtbar. ▪ Lebensmittelkontrolle - Nachweis von Nagetieren und durch sie verunreinigter Lebensmittel sowie von Schimmelpilzen. Haare und Urin von Nagetieren sowie Schimmelpilze leuchten. ▪ Hygienekontrolle – Markierung durch farblose mit UV Pigmenten versehene Flüssigkeit, Kontrolle nach der Reinigung ob diese teilweise oder restlos entfernt wurde. ▪ Schulungsbereich – Visualisierung von mit fluoreszierenden Farbstoffen markierten Substanzen bei Händehygieschulungen, Waschkontrolle und Auftrag von Desinfektionsmittel sowie Auftrag Hautschutzmitteln als persönlich Schutzausrüstung |
| <p>UV-A 365 nm</p> <p>UV-C 254 nm</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemmologie, Mineralogie – Identifikation von Edelsteinen und Mineralien, die unter langwelligem und kurzwelligem UV-Licht besondere Farben anzeigen. |

Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit der Kurzbezeichnung ZfP oder im Englischen NDT (Nondestructive Testing) ist ein wichtiger Bestandteil der industriellen Qualitätssicherung. Sie hat zum Ziel sowohl die Zuverlässigkeit als auch die Sicherheit von Bauteilen, Systemen und Infrastrukturen zu gewährleisten, ohne diese zu modifizieren oder dauerhaft zu schädigen. Bei der Prüfung und Inspektion wird der aktuelle Zustand bewertet, Fehler sowie Mängel erkannt und nach deren Beseitigung der sichere Betrieb gewährleistet sowie die Nutzungsdauer verlängert.

Fluoreszierende Eindring- und Magnetpulverprüfung

Die fluoreszierende Eindringprüfung (PT) und Magnetpulverprüfung (MT) sind die leistungsfähigsten Verfahren in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zum Auffinden kleinster Oberflächenfehler. Neben den eingesetzten Prüfmitteln, Chemikalien und Verfahren ist die UV-Strahlungsquelle von zentraler Bedeutung für die Fehlererkennbarkeit. Ohne ausreichende Intensität im benötigten Spektralbereich werden relevante fluoreszierende Anzeigen nicht sichtbar und der Prüfer stuft unter Umständen sicherheitsrelevante Bauteile als fehlerfrei ein. Um dies zu vermeiden sind die UV-Strahlungsquellen regelmäßig zu überprüfen und die dafür eingesetzten Messgeräte in festgelegten Zeitabständen zu recalibrieren.

UV-Strahlungsquellen

Die zur fluoreszierenden Eindringprüfung (PT) und Magnetpulverprüfung (MT) erforderliche UV-A Strahlung wird heute fast ausschließlich durch LED-Technik erzeugt und haben die in der Vergangenheit eingesetzten Quecksilberentladungslampen, Halogenlampen und Xenonlampen fast vollständig abgelöst.

Die Vorteile von UV-A Strahler auf LED-Basis sind:

- wesentlich höhere Effizienz (geringerer Energieverbrauch)
- geringere Wärmeentwicklung, dadurch passive Kühlung möglich
- keine schädliche und gefährliche UV-B und UV-C Strahlung, selbst bei defekten Filtergläsern
- nach dem Einschalten sofortige Betriebsbereitschaft mit voller Intensität
- jederzeit aus- und wieder einschaltbar
- geringer Weißlichtanteil
- lange Lebensdauer
- einfacher Schutz gegen Umwelteinflüsse, geringe mechanische Empfindlichkeit

Der Einsatz von UV-A LED-Strahlern in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung ist in verschiedenen Normen und Technischen Vorschriften, wie DIN EN ISO 3059, ASTM 3022, Rolls-Royce RRES 90061 und Airbus AITM 6-1001 beschrieben. Das Strahlungsmaxima für die Anregung der Fluoreszenz liegt bei 365 nm.

Messgeräte für die fluoreszierend Eindring- und Magnetpulverprüfung

Die Leistungsfähigkeit des Systems zur zerstörungsfreien Materialprüfung muss regelmäßig überprüft werden um die Inspektionsqualität und -zuverlässigkeit sicherzustellen. Diese Überprüfung umfasst sowohl die Intensität der UV-A Strahlung als auch die Beleuchtungsstärke. Für die Messung sind entsprechende Kombigeräte am Markt verfügbar.

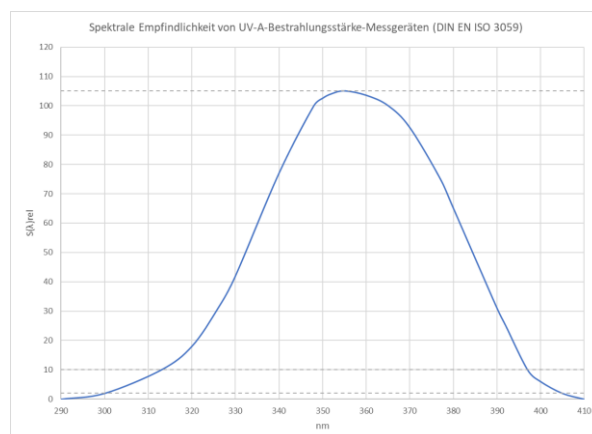
Die Betrachtungsbedingungen für dieses Prüfverfahren sind in der DIN EN ISO 3059 beschrieben, die die Mindestanforderungen an die Beleuchtungsstärke und die UV-A Bestrahlungsstärke und ihre Messung enthält.

Farbeindringverfahren und nichtfluoreszierende Magnetpulverprüfung

- Künstliche Lichtquellen
 - Farbtemperatur min. 2500 K, empfohlen > 3300 K,
 - Prüffläche muss gleichmäßig ausgeleuchtet sein,
 - Lichtquelle muss im stabilen Zustand sein
 - Messung der Beleuchtungsstärke unter Prüfbedingungen
- Messgerät
 - $V(\lambda)$ adaptiert wie in IEC 60050-845 festgelegt,
 - weitere Anforderungen an Lichtmessgeräte nach CIE 069
- Beleuchtungsstärke
 - Entfernung von überschüssigem Eindringmittel ≥ 350 lx
 - Prüfung und Auswertung ≥ 500 lx
 - in einigen Fällen ≥ 1000 lx

Fluoreszierende Verfahren

- UV-A Strahlungsquelle
 - Maximum bei 365 ± 5 nm, Halbwertsbreite FWHM 30 nm
 - Prüffläche muss gleichmäßig bestrahlt sein
 - Lichtquelle muss im stabilen Zustand sein
 - Messung der Beleuchtungsstärke unter Prüfbedingungen
- Messgerät
 - Anforderung an Beleuchtungsstärkemessgerät wie vorher (s.o.)
 - UV-A Strahlung darf Beleuchtungsstärkemessung nicht beeinflussen
 - Bestrahlungsstärke, Spektrale Empfindlichkeit definiert in der Norm



$$S(\lambda)_{\text{rel}} < 105 \% \quad 355 \text{ nm} \leq \lambda \text{ (max. } S(\lambda)_{\text{rel}} \leq 375 \text{ nm)}$$

$$S(\lambda)_{\text{rel}} @ 313 \text{ nm} < 10 \% \quad S(\lambda)_{\text{rel}} @ 405 \text{ nm} < 2 \%,$$

- Beleuchtungsstärke, Bestrahlungsstärke
 - Entfernung von überschüssigem Eindringmittel
 $\geq 1 \text{ W/m}^2 \text{ (100 } \mu\text{W/cm}^2) \leq 100 \text{ lx}$
 - Prüfung und Auswertung
 $\geq 10 \text{ W/m}^2 \text{ (1000 } \mu\text{W/cm}^2) \leq 20 \text{ lx}$

Kombination aus hoher UV-A Bestrahlungsstärke und langer Bestrahlungsdauer ist zu vermeiden. Maximale UV-A Bestrahlungsstärke sollte kleiner als 50 W/m^2 ($5000 \mu\text{W/cm}^2$) sein.

Kalibrierung der Messgeräte

Die Kalibrierung der Bestrahlungs- und Beleuchtungsstärkemessgeräte ist in der DIN EN ISO 3059 vorgeschrieben.

- Kalibrierintervall nach Herstellerangaben, jedoch mindestens alle 12 Monate
- Kalibrierung rückführbar auf nationale, europäische oder internationale Normale
- Kalibrierung des UV-A Bestrahlungsmessgeräts mit Schmalbandstrahlung bei 365 nm
- Kalibrierung des gesamten Systems, wenn dieses aus wechselbaren Sensoren und Anzeigeeinheiten besteht (Anzeigeeinheiten und Sensoren)
- Dokumentation der Kalibrierung mit Zertifikat

Normen und Vorschriften

Technische Anforderungen an Messgeräte

- **DIN EN ISO 3059**
Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung – Betrachtungsbedingungen
- **ASTM 2297**
Standard Guide for Use of UV-A and Visible Light Sources and Meters used in the Liquid Penetrant and Magnetic Particle Methods

Messgerät

Beleuchtungsstärke von 400 ... 760 nm

Bestrahlungsstärke UV-A Bereich 320 ... 400 nm, max. bei 365 nm
Messdistanz 38,1 cm = 15 inch zwischen Front der Quelle zum Sensor
Überwachung der Herstellerangaben der Quelle bzw. Entwicklung der Bestrahlungsstärke über die Zeit und Austausch der Quelle
Typische Definition min 1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ @ 38,1 cm

Allgemeine grundsätzliche Beschreibung der Quellen und Messgeräte. In Bezug auf technische Anforderungen an Messgeräte und Messverfahren eher dürftig.

Charakterisierung von Messgeräten

- **ISO/CIE 19476**
Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters
- **DIN EN 13032**
Licht und Beleuchtung - Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten
- **CIE 220**
Charakterisierung und Kalibriermethoden von UV-Radiometern

Technische Anforderungen an UV-Leuchten

- **ASTM 3022-15**
Standard Practice for Measurement of Emission Characteristics and Requirements for LED UV-A Lamps Used in Fluorescent Penetrant and Magnetic Particle Testing
- **Rolls-Royce RRES 90061**
- **Airbus AITM 6-1001**

Grundbegriffe

Beleuchtungsstärke E [lx]

Die **Beleuchtungsstärke E** ist der **Lichtstrom Φ** bezogen auf die beleuchtete **Fläche A** und gibt an mit welcher Intensität die Fläche beleuchtet wird.

$$\text{Beleuchtungsstärke } E = \text{Lichtstrom } \Phi / \text{beleuchtete Fläche } A$$

Beispiel: Sendet eine Lichtquelle einen Lichtstrom von einem Lumen aus und beleuchtet dieser gleichmäßig die Fläche eines Quadratmeters, dann beträgt die Beleuchtungsstärke 1 lx. Dies entspricht etwa einer normalen Kerzenflamme im Abstand von einem Meter.

Die Beleuchtungsstärke wird bei der **Innenraumbeleuchtung als Planungsgröße** verwendet. Sie gibt jedoch nicht den Helligkeitseindruck eines Raumes wieder, da dieser wesentlich von den Reflexionseigenschaften der Raumflächen abhängt. Ein weißer Raum erscheint wesentlich heller als ein dunkler Raum.



Die Beleuchtungsstärke wird mit Beleuchtungsstärkemessgeräten, die auch als Luxmeter bezeichnet werden, gemessen.



GOSSEN MAVOLUX 5032 B USB

Bestrahlungsstärke E [W/m²]

Die **Bestrahlungsstärke E** ist die gesamte Leistung der elektromagnetischen Energie d.h. der **Strahlungsfluss Φ** bezogen auf die bestrahlte **Fläche A** und gibt an mit welcher Intensität die Fläche bestrahlt wird.

$$\text{Bestrahlungsstärke } E = \text{Strahlungsfluss } \Phi / \text{bestrahlte Fläche } A$$

Umrechnungen:

- $1 \text{ W/m}^2 = 1.000 \text{ mW/m}^2 = 0,1 \text{ mW/cm}^2 = 100 \text{ }\mu\text{W/cm}^2$
- $1 \text{ }\mu\text{W/cm}^2 = 0,001 \text{ mW/cm}^2 = 0,01 \text{ W/m}^2$
- $1 \text{ W} = 1.000 \text{ mW} = 1.000.000 \text{ }\mu\text{W}$
- $1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$



Die Bestrahlungsstärke wird mit einem Radiometer gemessen. Für die Anwendungen in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung werden Kombigeräte angeboten, die zusätzlich die Beleuchtungsstärke messen können.

Kalibrierpflicht von Messmitteln

Sobald Messgerät zur Qualitätssicherung, Abnahmeprüfung und Begutachtung eingesetzt werden besteht in der Regel eine Pflicht zur Kalibrierung. Genau Anforderungen sind in den jeweiligen Fachnormen enthalten.

Die Norm für Qualitätsmanagementsysteme DIN EN ISO 9001:2015 legt in Abschnitt 7.1.5 Ressourcen zur Überwachung und Messung fest, soweit diese zur Sicherstellung gültiger Ergebnisse und damit einer gleichbleibenden Produktqualität eingesetzt werden.

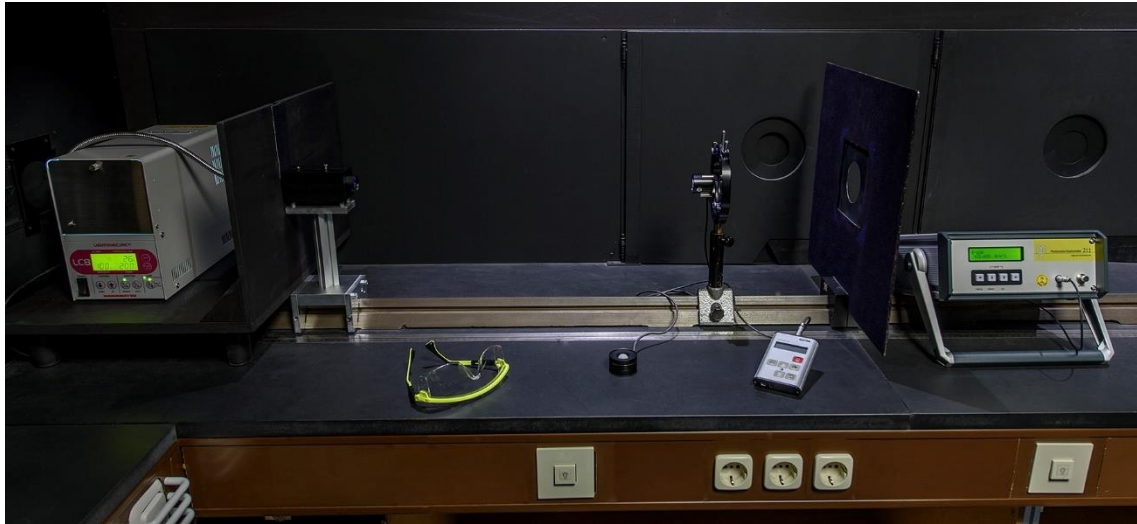
In festgelegten Zeitabständen sind Messmittel durch Kalibrierung auf die nationalen Normale zurückzuführen, bei Bedarf zu justieren und so zu kennzeichnen, dass der Kalibrierstatus erkennbar ist. Wird bei der Kalibrierung festgestellt, dass das Messmittel die Anforderungen nicht erfüllte, muss das Unternehmen die Gültigkeit früherer Messergebnisse bewerten und geeignete Maßnahmen bezüglich des Messmittels und aller betroffenen Produkte ergreifen.

Regelmäßige Kalibrierung sichert somit die Produkt- oder Dienstleistungsqualität auf Basis von international vergleichbaren Messergebnissen. Dies schafft Rechtssicherheit hinsichtlich der Produkthaftung sowie für Abnahmeprüfungen und Begutachtungen. Zur Rekalibrierung von Messmitteln, die wiederum als Normale zur Überwachung weiterer Mess- und Prüfmittel dienen, ist wegen der sichergestellten Rückführung auf nationale Normale eine DAkkS Kalibrierung zu empfehlen.

Ausführliche Informationen sind auf www.gossen-photo.de unter Lichtlabor zusammengefasst. Dort sind auch Informationen über Musterkalibrierscheine, Kalibrierbereiche, DAkkS Akkreditierung, DAkkS Kalibriergrößen und Messdienstleistungen des GOSSEN Lichtlabors enthalten.



GOSSEN Lichtlabor – Optische Bank für die Kalibrierung von Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte



GOSSEN Lichtlabor – Optische Bank für die Kalibrierung von Bestrahlungsstärke UV-A 365 nm

GOSSEN Kalibrierbereiche

| GOSSEN | Kalibrierbereiche | | GFL 8534-FB | |
|---|--------------------------------------|---|--|--------------------------------|
| | <i>Calibration Ranges</i> | | | |
| Werkskalibrierung / Factory Calibration | | | | |
| Messgröße <i>Measured Variable</i> | Lichtart <i>Illuminant</i> | Messbereich <i>Measuring Interval</i> | kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾ <i>smallest assignable measurement uncertainty ¹⁾</i> | |
| Beleuchtungsstärke [lx] <i>Illuminance [lx]</i> | A (2865K) | 1,00 ... 10.000 | 3,0% | |
| | A (2865K) | 10.000 ... 20.000 | 4,0% | |
| | A (2865K) | 20.000 ... 50.000 | 8,0% | |
| | LED (4000K) | 50.000 ... 200.000 | 3,0% | Einschränkung / Restriction 2) |
| Leuchtdichte [cd/m ²] <i>Luminance [cd/m²]</i> | A (2865K) | 0,5 ... 2.000 | 4,0% | |
| | A (2865K) | 2.000 ... 10.000 | 8,0% | |
| | LED (4000K) | 10.000 ... 50.000 | 4,0% | Einschränkung / Restriction 2) |
| Bestrahlungsstärke [µW/cm ²] <i>Irradiance [µW/cm²]</i> | UV-A 365 nm | 100 ... 50.000 | 8,0% | |
| DAkks Kalibrierung / DAkks Calibration | | | | |
| Messgröße <i>Measured Variable</i> | Lichtart <i>Illuminant</i> | Messbereich <i>Measuring Interval</i> | kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾ <i>smallest assignable measurement uncertainty ¹⁾</i> | |
| Beleuchtungsstärke [lx] <i>Illuminance [lx]</i> | A (2865K) | 1,75 ... 2.000 | 1,5% | Einschränkung / Restriction 2) |
| <p>1) Relative erweiterte Messunsicherheit, Erweiterungsfaktor k=2. Diese kann abhängig vom Kalibriergegenstand größer sein <i>Relative extended measurement uncertainty, coverage factor k=2. Can be greater depending on the calibration object</i></p> <p>2) Kalibrierung nur für Kalibriergegenstände die nach DIN 5032-7 Klasse C oder besser eingestuft sind möglich <i>Only possible for calibration objects which are classified in class C or better according to DIN 5032-7</i></p> | | | | |
| © GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH | GFL 8534-FB Kalibrierbereiche | Geprüft: HK | Seite 1 1 | |



GOSSEN Foto- und Lichtmesstechnik GmbH | Lina-Ammon-Str. 22 | 90471 Nürnberg | Germany
Tel: + 49 (0) 911 800 621 - 0 | Fax: +49 (0) 911 800 621 - 29

www.gossen-photo.de