



- **LED-Beleuchtungen**

- **Einsatzbedingungen**

- **Augensicherheit**

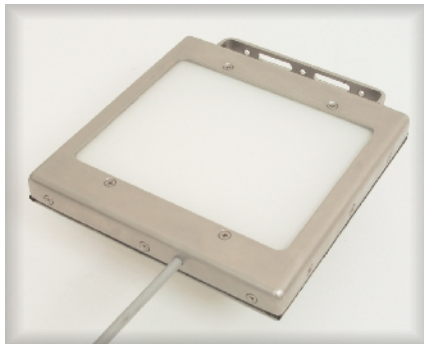
- **Vorteile**



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Ein umfangreiches Spektrum an Beleuchtungen und Zubehör***



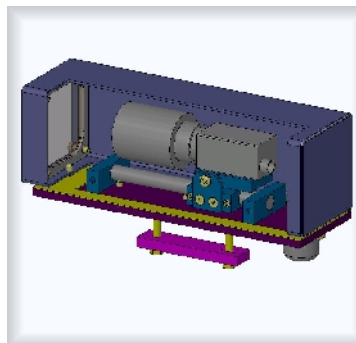
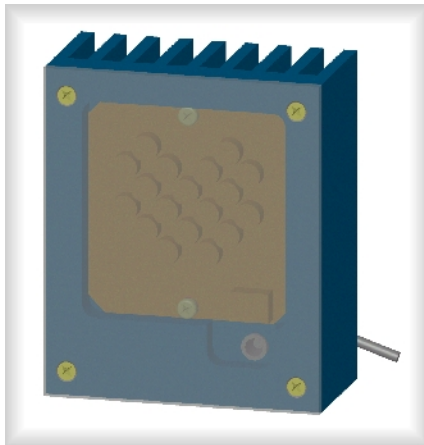
- **Durchlichtbeleuchtungen auch in IP 65**

- **Hochleistungsauflichter auch in IP 65**

- **LED-Scheinwerfer**

- **Edelstahl Kameragehäuse in IP 65**

- **Halterungen**



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

## ***Einsatz- und Rahmenbedingungen***



- **Versorgungsspannung**
- je nach externer Beschaltung konstanter Strom bzw. Spannung wichtig für konstante Helligkeit
- **Umgebungstemperatur**
- Umso höher die Umgebungstemperatur desto niedriger die Lebensdauer der LEDs
- Spezifikationen der Hersteller beachten !
- **Augenschutz der Bediener**
- Klassifikation und ggf. erforderliche Schutzmaßnahmen beachten

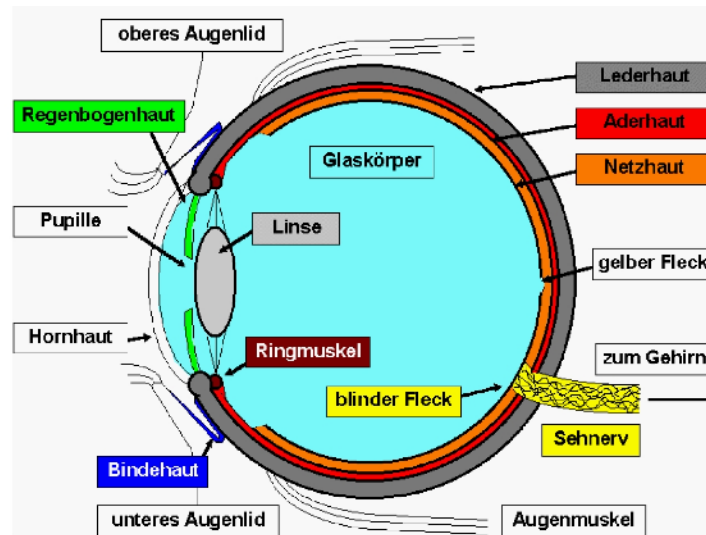




# Gefährdung der Augen

pi4\_robotics

## Das menschliche Auge - Wirkungen optischer Strahlung



- Abhängigkeit der Wirkung von:
- Eindringtiefe der Strahlung
- Wellenlänge
- Strahlungsintensität
- Einwirkungsdauer
- zeitlichen Verlauf der Einwirkung

Abbildung: Längsschnitt durch das Auge

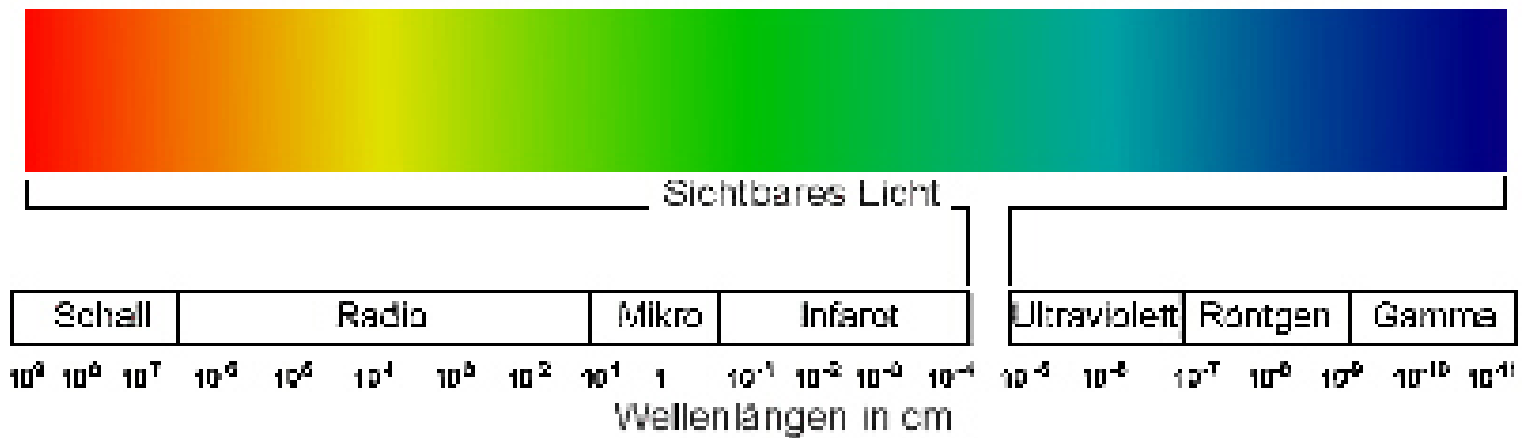
Quelle: Gefährdung der Augen durch optische Strahlung,  
BIA - Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin



# Gefährdung der Augen

pi4\_robotics

## Optische Strahlung - Spektrum



### Weitere Unterteilung:

**UV-A 315-380 nm**

**UV-B 280-315 nm**

**UV-C 100-280 nm**

**IR-A 780-1400 nm**

**IR-B 1400-3000 nm**

**IR-C 3000 nm - 1 mm**

# Gefährdung der Augen

pi4\_robotics



## Unfälle durch Laser

Laser Type	Percentage
Nd:YAG	29.7
Argon	20.5
CO2	12.8
Dye	9.9
HeNe	7.0
Ruby	6.2
Unspecific	5.5
Do. YAG/Ruby	3.7
Other (HeCd, Cu..)	3.7
Diode	1.1

Occupation	Percentage
Technicians	21.3
Scientists	17.6
Patients	12.9
Plant Workers	10.7
Doctor/Nurse	9.2
Students	8.4
Spectators	4.8
Laser Show Operators	4.0
Pilot/Military	3.3
Equipment	3.3
Field Service	2.6
Office Staff	1.8

Quelle: Rockwell Laser Industries

# ***Gefährdung der Augen***

***pi4\_robotics***



## ***Unfälle durch Laser - Unfallursachen***

**Unanticipated eye exposure during alignment.**

**Available eye protection is not often used.**

**Equipment malfunction causes many unwanted exposures.**

**Improper methods of handling high voltage lead to severe shock and even death.**

**Protection for non-beam hazards is often lacking.**

**Improper restoration of equipment following service frequently causes undesired hazards.**

**Incorrect eyewear selection and/or eyewear failure are frequent causes of unwanted exposure**

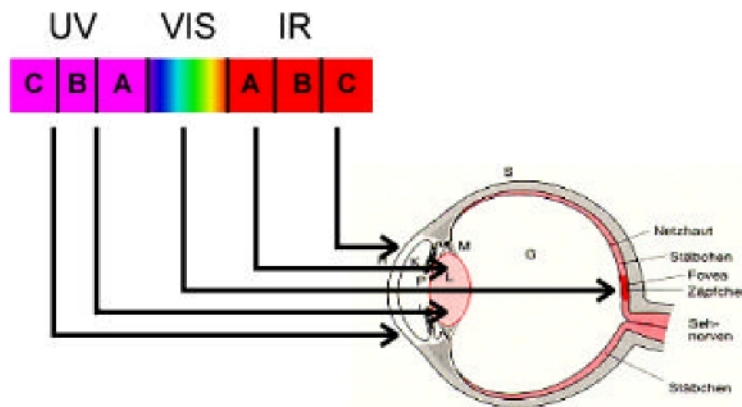
***Quelle: Rockwell Laser Industries***



# Gefährdung der Augen

pi4\_robotics

## Eindringtiefe der Strahlung



- **UV-C und UV-B (teilweise)**
- Hornhaut / Bindehaut
- **UV-B (teilweise) und UV-A - Augenlinse**
- **sichtbare Strahlung - Netzhaut**
- **IR-A (teilweise) Netzhaut, Glaskörper**
- **IR-A (teilweise) Augenlinse**
- **IR-B und IR-C Hornhaut / Bindehaut**

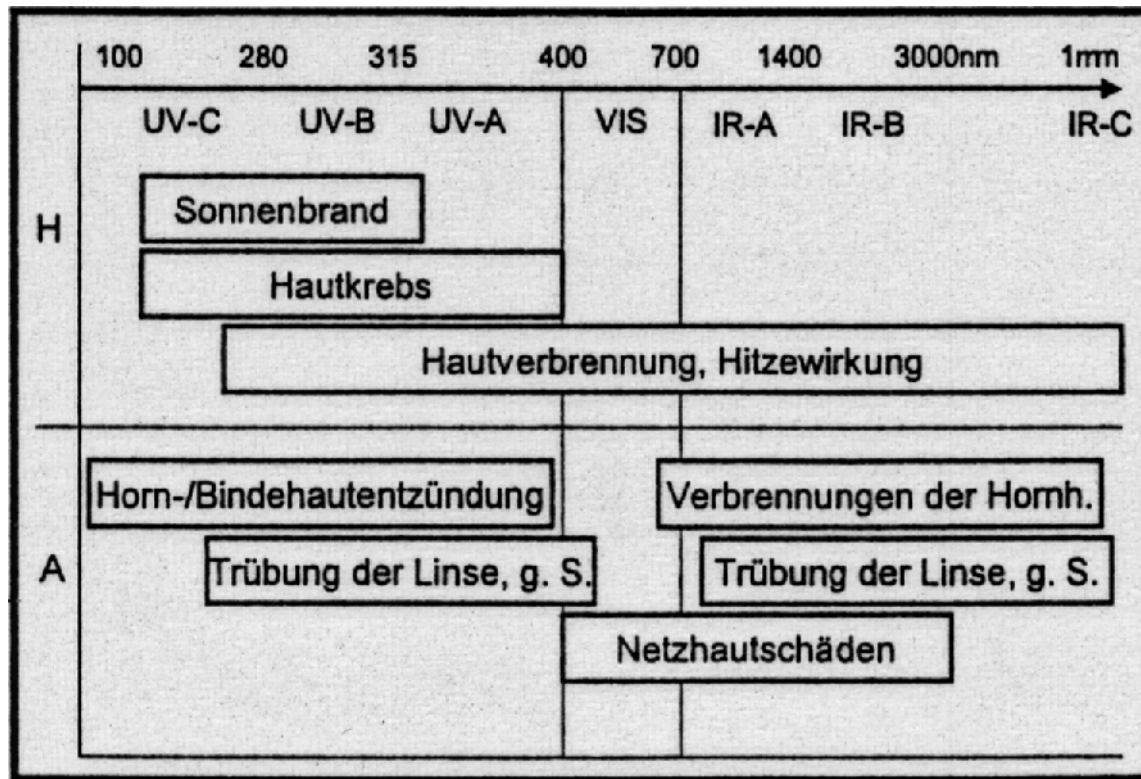
**Abbildung: Eindringtiefe der Strahlung**

**Quelle: Gefährdung der Augen durch optische Strahlung,  
BIA - Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin**



# Gefährdung der Augen und der Haut pi4\_robotics

## Übersicht der biologischen Wirkungen



Quelle: BGFE -Akademie Dresden



# ***Gefährdung der Augen***

***pi4\_robotics***

## ***Reversible Schäden durch UV-Strahlung***

- **Entzündung der Hornhaut (Photo-Keratitis)**
- **Entzündung der Bindehaut (Photo-Konjunktivitis)**
  
- **Entstehung durch photochemische Reaktionen in den Epithelzellen. Die äußersten Zellen werden zerstört.**
  
- **Die Schädigung macht sich in der Regel 6 bis 8 Stunden nach der Exposition durch starke Augenschmerzen und dem Gefühl „Sand in den Augen zu haben“ bemerkbar.**
  
- **In der Regel reversibler Schaden, ca. 2-3 Tage nach der Erkrankung tritt eine vollständige Heilung ein**
  
- **Elektroschweißen, Bergsteiger, Lampen ohne UV-Schutz**



# ***Gefährdung der Augen***

***pi4\_robotics***

## ***Irreversible Schäden durch UV-Strahlung und IR-Strahlung***

- Trübung der Augenlinse (Grauer Star, Katarakt)
- Durch photochemische Reaktionen werden in den Linsenzellen bestimmte Eiweiße (sog. Cristalline) verändert.
- Schädigend UV-A, UV-B und IR-Strahlung (Langzeitwirkung)
- Heutige Operationstechniken ermöglichen den Ersatz der getrübbten Linse durch eine Kunststofflinse.
- **Die Erkrankung kann durch künstliche UV-Strahlenquellen aber auch Sonnenlicht hervorgerufen werden !**
- **Typische Berufskrankheit von Glasbläsern, Arbeitern in Metallhütten, Personen die im Freien arbeiten**



## ***Gefährdung der Augen***

***pi4\_robotics***

### ***Thermische Schäden - Verbrennung der Netzhaut***

- **Verbrennungen sind in der Regel irreversibel.**
- **Maximale Wirkung im Bereich 435 - 440 nm**
- **Jedoch punktuelle Verbrennungen können von den Augen / dem Gehirn ausgeglichen werden.**
- **Verbrennungen an der Stelle des schärfsten Sehens (der Foveola) führen zu Sehschärfeverlust und Veränderungen des Farbsehens**
- **Größere Verbrennungen an der Stelle, an der der Sehnerv in die Netzhaut eintritt (am „blinden Fleck“) können zum Erblinden führen.**



# ***Gefährdung der Augen***

***pi4\_robotics***

## ***Biochemische Schäden - Blaulichtgefährdung***

- **Die Photoretinitis ist in der Regel irreversibel und kann bis zur Erblindung führen.**
- **Die höchste Schädigungspotenz hat die Wellenlänge 440nm.**
- **Die Schädigung wird erst mit einer Verzögerung von 4 - 48 Stunden nach der Exposition erkennbar !!**
- **Die photochemischen Veränderungen in den Zellen der Netzhaut und des darunter liegenden Gewebes können bei einer Einwirkung mittlerer bis intensiver Strahlung von mehr als 10 s aber auch durch geringere Strahlung bei chronischen Einwirkungen eintreten.**



# ***Gefährdung der Augen***

***pi4\_robotics***

## ***Unfallverhütungsvorschriften - Grenzwerte***

- **Grenzwertempfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP)**
- **Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften:**
  - **BGV B9 „Optische Strahlung“**
  - **BGV B2 „Laserstrahlung“**



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

## ***IEC 60825-1 für Laser und LEDs***

### **•Kohärenz**

•Zwischen den Phasen der Lichtwellen in dem Feld besteht eine feste Beziehung.

### **•Monochromasie**

•Die Strahlung nennt man monochromatisch, wenn die Frequenzbreite sehr klein gegen die Frequenz der Strahlung ist.

### **•Divergenz**

•Strahlung, die aus Lasern austritt, hat meist eine geringe Divergenz, d.h. sie wird nahezu in Form eines Parallelbündels emittiert.

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Laser- und LED Klassifizierung DIN EN 60825-1***

- „Die Klassen werden den Lasergeräten nach den Betriebsbedingungen zugeordnet, die im ungünstigsten Zustand, auch unter einer Einfehlerbedingung, auftreten können.
- Fehler, die zu einer Emission von Strahlung oberhalb der Grenzwerte (GZS - Grenzwerte Zugänglicher Strahlung bzw. AEL - Accessible Emission Limits) für eine beschränkte Zeit führen, für die es vernünftigerweise nicht zu erwarten ist, dass die Strahlung zugänglich sein wird, brauchen nicht berücksichtigt werden.“
- Die Klassifizierung nach der Norm erstreckt sich ausdrücklich auf Laser und LEDs.

***Quelle: Schutz vor optischer Strahlung Ernst Sutter***

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Laser- und LED Klassifizierung - Kennzeichnung***

- Die Schilder müssen dauerhaft angebracht sein
- Die Schilder müssen gut lesbar und während des Betriebes und der Service- und Wartungsarbeiten deutlich sichtbar sein
- Farben des Laserwarnschildes (außer bei Klasse 1) gelb auf schwarzem Grund
- Laserklassen 1 und 1M nur mit Hinweisschild, dies kann wahlweise auch in der Bedienungsanleitung abgedruckt sein
- Laserwarn- und Hinweisschild an den Klassen 2, 2M, 3R, 3B und 4
- Laserklasse 3B und 4 zusätzlich Kennzeichnung der Strahlaustrittsöffnungen mit entsprechendem Warnschild
- Besondere Kennzeichnung gekapselter Laser

# LED-Beleuchtungen

pi4\_robotics



## Laser- und LED Klassifizierung - Kennzeichnung



•Laserwarnschild



•Laser - Hinweisschild



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung DIN EN 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 1**

- **Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.**

- **30.000 s d.h. 8 Stunden**

- **Besteht aufgrund der Art und des Verwendungszweckes des Lasergerätes keine Notwendigkeit, in den Strahl zu blicken, und ist die Wellenlänge der Laserstrahlung größer als 400nm so ist dieser Zeitraum 100 s**

***Kennzeichnung:***

***Laserklassen 1 und 1M nur mit Hinweisschild, dies kann wahlweise auch in der Bedienungsanleitung abgedruckt sein***



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung nach IEC 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 1M**
- **Wellenlängenbereich 302,5 nm bis 4000 nm**
- **Die MZB-Werte ( Maximal Zulässige Bestrahlung ) werden eingehalten, die Laser / LEDs sind aber gefährlich wenn der Benutzer innerhalb des Strahls Optiken verwendet.**

***Kennzeichnung:***

***Laserklassen 1 und 1M nur mit Hinweisschild, dies kann wahlweise auch in der Bedienungsanleitung abgedruckt sein***



## ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung nach IEC 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 2**
- **Wellenlängenbereich 400 nm bis 700 nm**
- **Geräte niedriger Leistung deren Ausgangsleistung oder Ausgangsenergie auf die Strahlungsgrenzwerte der Klasse 1 für Zeiten bis 0,25 s beschränkt ist.**
  
- **Nur Augensicher durch den Lidschlußreflex !**
- **Neue Untersuchungen zeigen, dass der Reflex häufig nicht eintritt. Deshalb unbedingt bewußt abwenden.**

***Kennzeichnung:***

***Laserklassen 2 und 2M mit Laserwarnschild und mit Hinweisschild***



## ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung nach IEC 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 2M**
- **Wellenlängenbereich 400 nm bis 700 nm**
- **Geräte niedriger Leistung deren Ausgangsleistung oder Ausgangsenergie auf die Strahlungsgrenzwerte der Klasse 1 für Zeiten bis 0,25 s beschränkt ist.**
  
- **Gefährlich, wenn der Benutzer innerhalb des Strahls Optiken verwendet.**
- **Beispiel: Verwendung von Lupen oder Ferngläsern**

***Kennzeichnung:***

***Laserklassen 2 und 2M mit Laserwarnschild und mit Hinweisschild***



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung nach IEC 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 3R**
- **Wellenlängenbereich 302,4 nm bis 10<sup>6</sup> nm**
- **Direkter Blick in den Laser gefährlich !**
- **Grenzwert zugänglicher Strahlung beträgt das Fünffache des Grenzwertes von Klasse 2 im Wellenlängenbereich 400 - 700 nm und**
- **des Grenzwertes von Klasse 1 für andere Wellenlängen**

***Kennzeichnung:***

***Laserklassen 3R mit Laserwarnschild und mit Hinweisschild***



## ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung nach IEC 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 3B**
- **Grenzwert 500 mW für Dauerstrichlaser**
- **Direkter Blick in den Laser ist sehr gefährlich !**
- **Laser an der oberen Grenze dieses Leistungsbereiches sind oft auch für die Haut gefährlich.**
- **Mit leicht entzündlichen Stoffen besteht Brandgefahr !**

***Kennzeichnung:***

***Laserklasse 3B mit Laserwarnschild, mit Hinweisschild und Kennzeichnung der Öffnung an der die Strahlung austritt.***



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***Laser- und LED Klassifizierung nach IEC 60825-1 Ausgabe 11.2001***

- **Laser Klasse 4**
- **Die Hochleistungslaser sind in jedem Falle für das Auge und die Haut gefährlich !!**
- **Auch diffuse Reflexionen können zu Schäden führen.**
  
- **Brennbare Stoffe sind fernzuhalten**
  
- **Der Laser muß möglichst voll gekapselt und neben Augenschutz ist oft auch ein Hautschutz nötig !**

***Kennzeichnung:***

***Laserklasse 4 mit Laserwarnschild, mit Hinweisschild und Kennzeichnung der Öffnung an der die Strahlung austritt.***



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

## ***Laser- und LED Klassifizierungen***

- **Klassifizierung und Ausgabestand prüfen**
- **Insbesondere beim Import von Geräten muß die Klassifizierung geprüft werden !**
- **Der Importeur ist verantwortlich**
- **In den USA gibt es ähnlich lautende Klassenbezeichnungen, die aber zum Teil andere Bedeutungen haben .**

# LED-Beleuchtungen

pi4\_robotics



## Gegenüberstellung der Klassifizierungen nach DIN EN 60825-1

neue Klasse	frühere Klasse	Wellenlängenbereich	Zeitbasis
DIN EN 60825-1			
Ausgabe 11.2001			
Klasse 1	1	180 nm - 106 nm	100 s oder 30000 s
Klasse 1M	Sichtbare 3A Laser, einige 3B Laser	302,5 nm - 4000 nm	100 s oder 30000 s
Klasse 2	2	400 nm - 700 nm	0,25 s
Klasse 2M	Sichtbare 3A Laser, einige 3B Laser	400 nm - 700 nm	0,25 s
Klasse 3 R	3B bis fünfmal Klassen 1 und 2	302,5 nm - 4000 nm	Leistungsgrenze: fünfmal Klasse 2 bzw. 1
Klasse 3 B	restliche 3B	180 nm - 106 nm	100 s oder 30000 s
Klasse 4	4	180 nm - 106 nm	100 s oder 30000 s

Quelle: Schutz vor optischer Strahlung - Ernst Sutter



# **LED-Beleuchtungen**

**pi4\_robotics**

## **Lampensicherheitsnormen - Risikogruppen lt. CIE**

**CIE - Commission Internationale de L`eclairage  
Internationale Beleuchtungskommission**

Lampensicherheitsnormen	Freie Gruppe	Risiko Gruppe	Risiko Gruppe 2	Risiko Gruppe 3
Gefahr	keine Gefahr	geringe Gefahr	mittlere Gefahr	hohe Gefahr
	Grenzwert wird nicht überschritten für....			
Actinisches UV (Haut u. Auge)	30000 s	10000 s	1000 s	< 1000s
UVA-(Linse)	1000 s (ca. 16 Min.)	300 s	100 s	< 100 s
Photochemische Netzhautgef.	10000 s (cas. 2,8h)	100 s	0,25 s (nat. Schutzreaktion)	< 0,25 s
Thermische Netzhautgefahr	10 s	10 s	0,25 s (nat. Schutzreaktion)	< 0,25 s
Infrarot (Auge)	1000 s (ca. 16 Min.)	100 s	10 s	< 10 s

**Quelle: ARCS- Austrian Research Centers Seibersdorf**

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Fazit mögliche Augenschädigung durch LEDs***

### **•Vorteil:**

- LEDs im sichtbaren Wellenlängenbereich haben in der Regel keinen UV-Anteil.**

### **•Nachteil:**

- IREDs und LEDs können je nach Leistung thermische Schäden erzeugen.**

- Blaue LEDs mit hohem Lichtstrom können photochemische Schäden erzeugen.**

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Maßnahmen zur Schadensvermeidung***

- **Klassifizierung und Herstellerangaben beachten !**
- **Direkten Einblick grundsätzlich unabhängig von der Klassifikation vermeiden.**
- **Beim Anlagenkonzept den Augenschutz mit einplanen.**
- **Gefahrenstellen gut sichtbar und entsprechend der IEC kennzeichnen.**
- **Mitarbeiter und Kollegen über mögliche Gefahren unterrichten.**

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Laserklassen und Laser-Schutzbrillen***

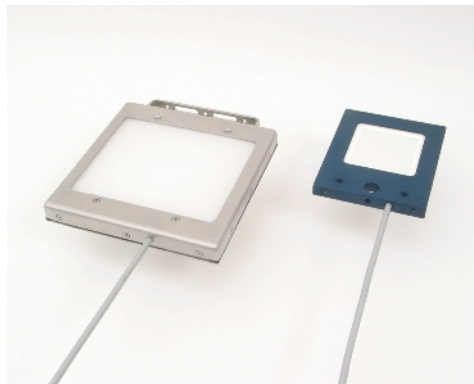
- **Für die Laserklasse 2M gilt:**
- **Sichtbare Laser im Bereich von 400 nm bis 700 nm**
- **Schutz des Auges durch Lidschlußreflex und Abwendungsreaktionen**
  
- **Gefährlich bei der Verwendung von Optiken**
  
- **Ein Augenschutz ist hier laut Norm nicht erforderlich solange keine optischen Instrumente verwendet werden und Abwendungsreaktionen bewußt herbeigeführt werden.**
  
- **Es wird dennoch empfohlen Schutzmaßnahmen zu treffen wenn Aufenthalt im Laser- bzw. LED-Bereich.**

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Vorteile gegenüber konventioneller Beleuchtung***



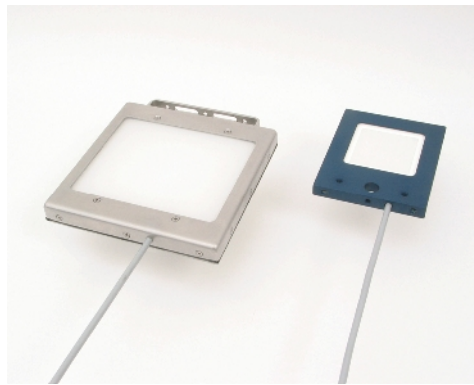
- **Hohe Lebensdauer**
  - min. 50.000 Stunde = ca. 6 Jahre Dauerbetrieb
- **Geringer Stromverbrauch**
  - Bsp. BBL01A 80mA
- **kompakte Bauformen möglich**
- **Wartungsfrei, Stoss- und Schock unempfindlich**
- **Typen mit geringer Eigenerwärmung verfügbar**



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

## ***Vorteile gegenüber konventioneller Beleuchtung***



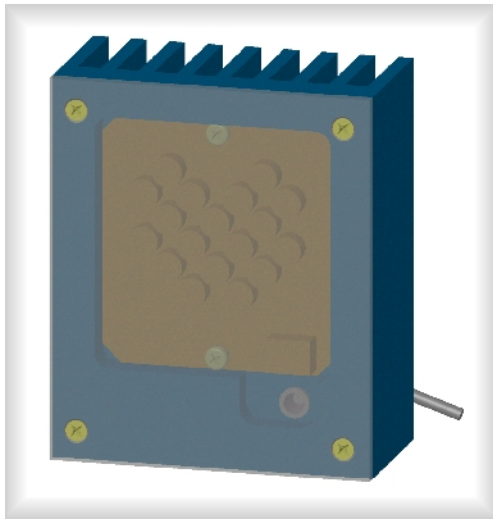
- **Optimales Licht für die Applikationen**
- verfügbare Typen in
  - Rot, Weiss, Blau, Grün, Gelb, Amber, IR u.a.
- **Besonders günstige Wellenlängenbereiche für CCD-Sensoren**
- Beleuchtungen im roten und IR-Bereich
- **Extrem hohe Lichtstärken durch gepulsten Betrieb erreichbar**
  
- **Strukturierte Beleuchtungen schaltbar möglich**



# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***

***pi4 - LED-Strahler F18 mit roten LEDs***



- **Höchster Lichtstrom am Markt**
- **bis zu 790 lm (rote LEDs)**
  
- **Lebensdauer bis zu 100.000 h**
  
- **Höhere Energieeffizienz als Halogenlampen**
  
- **kein UV**
  
- **IEC 60825-1 Klassifikation 2M**

# ***LED-Beleuchtungen***

***pi4\_robotics***



## ***Literaturverzeichnis - Augensicherheit - Normenlage***

- Schutz vor optischer Strahlung, Ernst Sutter, VDE Verlag
- Optischer Strahlenschutz: Übertragung der Anforderungen nach IEC 60825-1 und -2
- auf POF, Werner Horak, Vortrag
- BGV B9: Unfallverhütungsvorschrift „Optische Strahlung“
- BGV B2 (VBG 93): Unfallverhütungsvorschrift“Laserstrahlung“
- Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik
- DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1): Sicherheit von Laser-Einrichtungen
- Gefährdung der Augen durch optische Strahlung
- Information des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit, Sankt Augustin
- Austrian Research Centers Seibersdorf (ARCS)
- Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen Norm CIE S009/G:2002
- High Power LEDs and Laser Safety, Erik Swennen, Vortrag



***Serienprodukte und Informationen pi4\_robotics***

***Stets den aktuellen Stand und Kataloge im Internet:***

**• [www.pi4.de](http://www.pi4.de)**