

## ANHANG A zur Verordnung optische Strahlung Inkohärente optische Strahlung (künstliche)

### Definitionen, Expositionsgrenzwerte, Ermittlung und Beurteilung nach Risikogruppen für Lampen und Lampensysteme

#### Definitionen

Inkohärente Strahlung: jede optische Strahlung außer Laserstrahlung (vgl. Anhang B).

Die biophysikalisch relevanten Expositionswerte für optische Strahlung lassen sich anhand der nachstehenden Formeln bestimmen. Welche Formel zu verwenden ist, hängt von dem Bereich der von der Quelle ausgehenden Strahlung ab; die Ergebnisse sind mit den entsprechenden Expositionsgrenzwerten der Tabelle A.3 zu vergleichen. Für die jeweilige Strahlenquelle können mehrere Expositionswerte und entsprechende Expositionsgrenzwerte relevant sein.

Die Buchstaben a bis o beziehen sich auf die entsprechenden Zeilen in Tabelle A.3.

$$a) \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ ist nur im Bereich 180 nm bis 400 nm relevant})$$

$$b) \quad H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ ist nur im Bereich 315 nm bis 400 nm relevant})$$

$$c), d) \quad L_B = \int_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B_{\lambda} \cdot d\lambda \quad (L_B \text{ ist nur im Bereich 300 nm bis 700 nm relevant})$$

$$e), f) \quad E_B = \int_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_B \text{ ist nur im Bereich 300 nm bis 700 nm relevant})$$

$$g) \text{ bis l) } L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Geeignete Werte für } \lambda_1 \text{ und } \lambda_2: \text{ siehe Tabelle A.3})$$

$$m), n) \quad E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ ist nur im Bereich 780 nm bis 3000 nm relevant})$$

$$o) \quad H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{skin}} \text{ ist nur im Bereich 380 nm bis 3000 nm relevant})$$

Für die Zwecke dieser Verordnung können die vorstehenden Formeln durch folgende Ausdrücke ersetzt werden, wobei die in den folgenden Tabellen aufgeführten diskreten Werte zu verwenden sind:

$$a) \quad E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{und } H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

$$b) \quad E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315\text{nm}}^{\lambda=400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{und } H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

$$\text{c), d)} \quad L_B = \sum_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{e), f)} \quad E_B = \sum_{\lambda=300\text{nm}}^{\lambda=700\text{nm}} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{g) bis l)} \quad L_R = \sum_{\lambda_2}^{\lambda_1} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\text{Geeignete Werte für } \lambda_1 \text{ und } \lambda_2: \text{ siehe Tabelle A.3})$$

$$\text{m), n)} \quad E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ ist nur im Bereich 780 bis 3000 nm relevant})$$

$$\text{o)} \quad E_{\text{skin}} = \sum_{\lambda=380\text{nm}}^{\lambda=3000\text{nm}} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad \text{und } H_{\text{skin}} = E_{\text{skin}} \cdot \Delta t$$

### Anmerkungen

$E$  *Bestrahlungsstärke* oder *Leistungsdichte*: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_\lambda(\lambda, t)$ ,  $E_\lambda$  *spektrale Bestrahlungsstärke* oder *spektrale Leistungsdichte*: die auf eine Fläche einfallende Strahlungsleistung je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Nanometer [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ ]; die Werte  $E_\lambda(\lambda, t)$  und  $E_\lambda$  werden aus Messungen gewonnen oder können von den Hersteller/innen der Arbeitsmittel angegeben werden;

$E_{\text{eff}}$  *effektive Bestrahlungsstärke* (UV-Bereich): berechnete Bestrahlungsstärke im UV-Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm, spektral gewichtet mit  $S(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H_{\text{eff}}$  *effektive Bestrahlung*: Bestrahlung, spektral gewichtet mit  $S(\lambda)$ , ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_{\text{UVA}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (UV-A)*: berechnete Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 nm bis 400 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H_{\text{UVA}}$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge oder die Summe der Bestrahlungsstärke im UV-A-Wellenlängenbereich von 315 nm bis 400 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$S(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung auf Auge und Haut (Tabelle A.1) [dimensionslos];

$t$ ,  $\Delta t$  Zeit, Dauer der Exposition, ausgedrückt in Sekunden [s];

$\lambda$  Wellenlänge, ausgedrückt in Nanometern [nm];

$\Delta\lambda$  Bandbreite der Berechnungs- oder Messintervalle, ausgedrückt in Nanometer [nm];

$L$  *Strahldichte*: der Strahlungsfluss oder die Strahlungsleistung je Einheitsraumwinkel je Flächeneinheit, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ];

$L_\lambda(\lambda)$ ,  $L_\lambda$  *spektrale Strahldichte* der Quelle, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian pro Nanometer [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{nm}^{-1}$ ];

$R(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch sichtbare Strahlung und Infrarot-A-Strahlung zugefügten thermischen Schädigung (Tabelle A.2) [dimensionslos];

$L_R$  *effektive Strahldichte* (thermische Schädigung): berechnete Strahldichte, spektral gewichtet mit  $R(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ];

$B(\lambda)$  *spektrale Gewichtung* unter Berücksichtigung der Wellenlängenabhängigkeit der dem Auge durch Blaulichtstrahlung zugefügten photochemischen Schädigung (Tabelle A.2) [dimensionslos];

$L_B$  *effektive Strahldichte (Blaulicht)*: berechnete Strahldichte, spektral gewichtet mit  $B(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter pro Steradian [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ ];

$E_B$  *effektive Bestrahlungsstärke (Blaulicht)*: berechnete Bestrahlungsstärke, spektral gewichtet mit  $B(\lambda)$ , ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_{\text{IR}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (thermische Schädigung)*: berechnete Bestrahlungsstärke im Infrarot-Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$E_{\text{skin}}$  *Gesamtbestrahlungsstärke (sichtbar, IR-A und IR-B)*: berechnete Bestrahlungsstärke im sichtbaren und Infrarot-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3000 nm, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$H_{\text{skin}}$  *Bestrahlung*: das Integral der Bestrahlungsstärke über die Zeit und die Wellenlänge oder die Summe der Bestrahlungsstärke im sichtbaren und Infrarot-Wellenlängenbereich von 380 nm bis 3000 nm, ausgedrückt in Joule pro Quadratmeter [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ];

$\alpha$  *Winkelausdehnung*: der Winkel, unter dem eine scheinbare Quelle als Punkt im Raum erscheint, ausgedrückt in Milliradian (mrad). Scheinbare Quelle ist das reale oder virtuelle Objekt, das das kleinstmögliche Netzhautbild erzeugt.

Tabelle A.1: S ( $\lambda$ ) [dimensionslos], 180 nm bis 400 nm

$\lambda$ [nm]	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ [nm]	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ [nm]	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ [nm]	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ [nm]	S ( $\lambda$ )
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabelle A.2: B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [dimensionslos], 380 nm bis 1400 nm

$\lambda$ [nm]	B ( $\lambda$ )	R ( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	—	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	—	0,02

**Expositionsgrenzwerte**

**Tabelle A.3: Expositionsgrenzwerte für künstliche, inkohärente optische Strahlung**

	Wellenlänge $\lambda$ [nm]	Expositionsgrenzwert und Einheit	Messgröße	Anmerkung	Körperteil	Gefährdung
<b>a</b>	180 - 400 (UV-A, UV-B und UV-C)	$30 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$ Tageswert 8 Stunden	$H_{\text{eff}}$		Auge: Hornhaut, Bindehaut, Linse. Haut	Photokeratitis Konjunktivitis Kataraktogenese Erythem Elastose Hautkrebs
<b>b</b>	315 - 400 (UV-A)	$10^4 \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$ Tageswert 8 Stunden	$H_{\text{UVA}}$		Auge: Linse	Kataraktogenese
<b>c</b>	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$\frac{10^6}{t} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ t [Sekunden] bei $t \leq 10000 \text{ s}$	$L_B$	bei $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$	Auge: Netzhaut	Photoretinitis
<b>d</b>	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$100 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t > 10000 \text{ s}$	$L_B$			
<b>e</b>	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$\frac{100}{t} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ t [Sekunden] bei $t \leq 10000 \text{ s}$	$E_B$	bei $\alpha < 11 \text{ mrad}$ <i>siehe Anmerkung 2</i>		
<b>f</b>	300 - 700 (Blaulicht) <i>siehe Anmerkung 1</i>	$0,01 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ $t > 10000 \text{ s}$	$E_B$			
<b>g</b>	380 - 1400 (sichtbar und IR-A)	$\frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t > 10 \text{ s}$	$L_R$	$C_\alpha = 1,7$ bei $\alpha \leq 1,7 \text{ mrad}$ $C_\alpha = \alpha$ bei $1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_\alpha = 100$ bei $\alpha > 100 \text{ mrad}$ $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1400$	Auge: Netzhaut	Netzhaut- verbrennung
<b>h</b>	380 - 1400 (sichtbar und IR-A)	$\frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ t [Sekunden] bei $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$L_R$			
<b>i</b>	380 - 1400 (sichtbar und IR-A)	$\frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t < 10 \mu\text{s}$	$L_R$			
<b>j</b>	780 - 1400 (IR-A)	$\frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t > 10 \text{ s}$	$L_R$	$C_\alpha = 11$ bei $\alpha \leq 11 \text{ mrad}$ $C_\alpha = \alpha$ bei $11 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_\alpha = 100$ bei $\alpha > 100 \text{ mrad}$ (Messgesichtsfeld: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1400$	Auge: Netzhaut	Netzhaut- verbrennung
<b>k</b>	780 - 1400 (IR-A)	$\frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ t [Sekunden] bei $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$	$L_R$			
<b>l</b>	780 - 1400 (IR-A)	$\frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}]$ bei $t < 10 \mu\text{s}$	$L_R$			
<b>m</b>	780 - 3000 (IR-A und IR-B)	$18000 \cdot t^{-0,75} \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ t [Sekunden] bei $t \leq 1000 \text{ s}$	$E_{\text{IR}}$		Auge: Hornhaut, Linse	Hornhautver- brennung Kataraktogenese
<b>n</b>	780 - 3000 (IR-A und IR-B)	$100 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}]$ bei $t > 1000 \text{ s}$	$E_{\text{IR}}$			
<b>o</b>	380 - 3000 (sichtbar, IR-A und IR-B)	$20000 \cdot t^{0,25} \text{ [J}\cdot\text{m}^{-2}]$ t [Sekunden] bei $t < 10 \text{ s}$	$H_{\text{skin}}$		Haut	Verbrennung

Anmerkung 1: Der Bereich von 300 nm bis 700 nm deckt Teile der UV-B-Strahlung, die gesamte UV-A-Strahlung und den größten Teil der sichtbaren Strahlung ab; die damit verbundene Gefährdung wird gemeinhin als Gefährdung durch „Blaulicht“ bezeichnet. Blaulicht deckt jedoch streng genommen nur den Bereich von ca. 400 nm bis 490 nm ab.

Anmerkung 2: Bei stetiger Fixierung von sehr kleinen Quellen mit einem Öffnungswinkel von weniger als 11 mrad kann  $L_B$  in  $E_B$  umgewandelt werden. Dies ist normalerweise nur bei opthalmischen Instrumenten oder einer Augenstabilisierung während einer Betäubung der Fall. Die maximale „Starrzeit“ errechnet sich anhand der Formel  $t_{\max} = 100/E_B$ , wobei  $E_B$  in  $W \cdot m^{-2}$  ausgedrückt wird. Wegen der Augenbewegungen bei normalen visuellen Anforderungen werden 100 s hierbei nicht überschritten.

**Ermittlung und Beurteilung nach Risikogruppen für Lampen und Lampensysteme<sup>(1)</sup>**

**Tabelle A.4 – Risikogruppen, Gefahr, Maßnahmen (Expositionsgrenzwert)**

RG Risiko	Wellenlängenbereich und Expositionslimit der RG	Gefahr <sup>(5)</sup> und maximal zulässige Expositionsdauer <sup>(6)</sup> T <sub>e</sub> beim Referenzabstand <sup>(2)</sup> Ra	Kann Expositionsgrenzwert überschritten sein? Falls ja, ist § 3 Abs. 2 anzuwenden.
<b>Freie Gruppe (RG 0)</b> Risiko: kein Risiko bzw. minimal <sup>(4)</sup>	<b>IR-A und IR-B:</b> E <sub>IR</sub> ≤ 100 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	<b>Ja</b> , falls Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>IR-A wenn L<sub>v</sub><sup>(3)</sup> &lt; 10 cd/m<sup>2</sup>:</b> L <sub>R</sub> ≤ 6·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	
	<b>„sichtbar“ und IR-A:</b> L <sub>R</sub> ≤ 28·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	
	<b>„Blaulicht: α ≥ 0,11 rad“:</b> L <sub>B</sub> ≤ 100 W/(m <sup>2</sup> . sr) oder <b>„Blaulicht: α &lt; 0,11 rad“:</b> E <sub>B</sub> ≤ 1 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher auch bei <b>Dauerbestrahlung</b>	
	<b>UV-A:</b> E <sub>UVA</sub> ≤ 10 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 1 000 s (≅ 16 min)</b>	<b>Ja</b> , falls vorhersehbar angeführte Expositionsauern T <sub>e</sub> bei Abständen ≥ Ra überschritten werden oder Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>UV-A, UV-B und UV-C:</b> E <sub>eff</sub> ≤ 0,001 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augen- und hautsicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 30 000 s (= 8 h 20 min)</b>	
<b>RG 1</b> Risiko: gering <sup>(4)</sup>	<b>IR-A und IR-B:</b> E <sub>IR</sub> ≤ 570 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	<b>Ja</b> , falls vorhersehbar angeführte Expositionsauern T <sub>e</sub> bei Abständen ≥ Ra überschritten werden oder Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>IR-A, wenn L<sub>v</sub><sup>(3)</sup> &lt; 10 cd/m<sup>2</sup>:</b> L <sub>R</sub> ≤ 6·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	
	<b>„sichtbar“ und IR-A:</b> L <sub>R</sub> ≤ 28·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 s</b>	
	<b>„Blaulicht: α ≥ 0,011 rad“:</b> L <sub>B</sub> ≤ 10 <sup>4</sup> W/(m <sup>2</sup> . sr) oder <b>„Blaulicht: α &lt; 0,011 rad“:</b> E <sub>B</sub> ≤ 1 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	
	<b>UV-A:</b> E <sub>UVA</sub> ≤ 33 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 300 s (= 5 min)</b>	
	<b>UV-A, UV-B und UV-C:</b> E <sub>eff</sub> ≤ 0,003 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augen- und hautsicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 000 s (≅ 2,8 h)</b>	
<b>RG 2</b> Risiko: moderat <sup>(4)</sup>	<b>IR-A und IR-B:</b> E <sub>IR</sub> ≤ 3 200 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 s</b>	<b>Ja</b> , falls vorhersehbar angeführte Expositionsauern T <sub>e</sub> bei Abständen ≥ Ra überschritten werden können, wobei für den Lidschlussreflex gilt: Er darf nicht durch Applikationen oder durch bewusstes in den Strahl starren unterbunden werden oder der Ra unterschritten wird Sonst: <b>Nein</b>
	<b>IR-A, wenn L<sub>v</sub><sup>(3)</sup> &lt; 10 cd/m<sup>2</sup>:</b> L <sub>R</sub> ≤ 6·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 10 s</b>	
	<b>„sichtbar“ und IR-A:</b> L <sub>R</sub> ≤ 71·10 <sup>3</sup> /α W/(m <sup>2</sup> . sr)	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 0,25 s (Lidschlussreflex)</b>	
	<b>„Blaulicht: α ≥ 0,011 rad“:</b> L <sub>B</sub> ≤ 4·10 <sup>6</sup> W/(m <sup>2</sup> . sr) oder <b>„Blaulicht: α &lt; 0,011 rad“:</b> E <sub>B</sub> ≤ 400 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 0,25 s (Lidschlussreflex)</b>	
	<b>UV-A:</b> E <sub>UVA</sub> ≤ 100 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augensicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 100 s (≅ 1,6 min)</b>	
	<b>UV-A, UV-B und UV-C:</b> E <sub>eff</sub> ≤ 0,03 W/m <sup>2</sup>	≥ Ra: Augen- und hautsicher, wenn <b>T<sub>e</sub> ≤ 1 000 s (≅ 16 min)</b>	
<b>RG 3 hoch<sup>(4)</sup></b>	Beziehung Expositionslimit und maximale Expositions-(Bestrahlungs-) dauern beim Ra ungünstiger als bei RG 2	<b>Kann für Augen und Haut bereits bei kurzfristiger Bestrahlung gefährlich sein</b>	<b>Ja</b>

Fußnoten von <sup>(1)</sup> bis <sup>(6)</sup> auf der Folgeseite beachten! Abkürzungsverzeichnis ebenfalls auf Folgeseite.

<sup>(1)</sup> Falls sich die Klassifizierung in Risikogruppen nicht auf die Leuchte oder das gesamte Produkt bezieht (Lampensystem) sondern nur auf die „nackte“ Lampe, ist zu berücksichtigen, dass

- im Normalfall Filter oder Abschirmungen in der Leuchte das Risiko gegenüber der Lampe stark abschwächen können oder



- in selteneren Fällen Filter oder Abschirmungen fokussierende oder verstärkende Wirkung haben können, z. B. durch Reflektoren oder Linsen, oder
- verstärkende Wirkung bei Einsatz mehrerer Lampen auftreten kann.

<sup>(2)</sup> Der Bewertungs- oder Referenzabstand Ra einer Lampe beträgt 20 cm, ausgenommen bei bestimmten Allgemeingebrauchslampen. Bei Allgemeingebrauchslampen ist Ra entweder jener Abstand, bei dem die Beleuchtungsstärke 500 lx beträgt oder falls dieser Abstand kleiner als 20 cm ist, so ist Ra mit 20 cm festgelegt.

<sup>(3)</sup> Leuchtdichte ( $L_v$ ) als photometrische Größe. Dieser Grenzwert ist nur anzuwenden, wenn L weniger als 10 cd/m<sup>2</sup> beträgt, d.h. niedrige Helligkeit (sodass Pupille groß bleibt).

<sup>(4)</sup> Risikobezeichnungen in Bezug zu Expositionsmöglichkeiten beim Bewertungs- oder Referenzabstand Ra zur Lampe.

<sup>(5)</sup> Sicherheit oder Gefahr gegenüber biologischer Wirkung beim Bewertungs- oder Referenzabstand.

<sup>(6)</sup> Werden die Expositionsdauern  $T_e$  (Spalte 3) unterschritten, so gewährleistet das entsprechende Emissionslimit der RG (Spalte 2) die sichere Unterschreitung der entsprechenden Expositionsgrenzwerte, vorausgesetzt der Bewertungs- oder Referenzabstand Ra wird nicht unterschritten.

#### Abkürzungsverzeichnis zur Tabelle

UV Ultraviolettanteil der optischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. Unterteilt in drei Klassen nach Wellenlängen:

UV-A: 315 nm bis 400 nm

UV-B: 280 nm bis 315 nm

UV-C: 100 nm bis 280 nm

IR Infrarotanteil der optischen Strahlung (Wärmestrahlung) im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 1 mm. Unterteilt in drei Klassen nach Wellenlängen:

IR-A: 780 nm bis 1400 nm

IR-B: 1400 nm bis 3000 nm

IR-C: 3000 nm bis 1 mm

RG Risikogruppe

Ra Bewertungs- oder Referenzabstand, siehe Fußnote <sup>(2)</sup>

E Bestrahlungsstärke. Der jeweils angegebene Index bezieht sich auf die jeweilige Strahlungsart, z. B.  $E_{UVA}$ , ausgenommen der Index „eff“. Dieser bedeutet „effektiv“

L Strahldichte. Der jeweils angegebene Index bezieht sich auf die jeweilige Strahlungsart, z. B.  $L_B$  für Blaulicht. Ausgenommen sind:

Index „R“ (dieser bedeutet „Retina (Netzhaut)“ und sagt aus, welcher Teil des Auges gefährdet ist) und Index „v“ (dieser steht für „visuell“ und charakterisiert die photometrische Größe Leuchtdichte mit spezieller Bewertung und Bezeichnung)

$\alpha$  Schinkel, der von der scheinbaren Quelle am Auge eines Beobachters oder am Ort der Messung aufgespannt wird.

sr Steradian, Einheit des Raumwinkels,

W Einheit der Leistung,

m Längeneinheit

$T_e$  Expositionsdauer,

s Sekunden,

min Minuten,

h Stunden

lx Lux, Einheit der Beleuchtungsstärke

cd Candela, Einheit der Lichtstärke