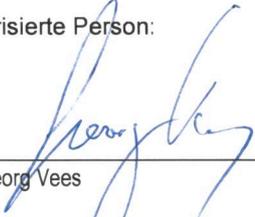


GUTACHTEN NR. LE-G28/18

- Über:** Sicherheitsbeurteilung eines Vollspektrumstrahlers für den Einsatz in Infrarot-Kabinen bezüglich optischer Strahlung
- Auftraggeber:** ATROPA Wellness GmbH
- Adresse:** Eßlinger Hauptstraße 88
1220 Wien
Österreich
- Begutachteter Gegenstand:** Vollspektrumstrahler mit Strahlerstab SOLIS FS350 (350 Watt, 230 Volt) in Holzrahmen mit Reflektor und Filterglas
- Befund:** Der Vergleich der gemessenen Bestrahlungswerte mit den ICNIRP-Grenzwerten lässt den Schluss zu, dass bei sachgemäßem Gebrauch und normalem, vorhersehbarem Verhalten des Benutzers eine Schädigung der Augen und der Haut durch den Vollspektrumstrahler in einer Infrarot-Kabine nicht möglich ist. Aufgrund der spektralen Messungen und unter Berücksichtigung des von warmen Oberflächen emittierten Infrarot-C kann der prozentuelle Anteil der abgegebenen Strahlung je Spektralbereich wie folgt grob abgeschätzt werden: sichtbares Licht: 0,1%, Infrarot-A: 7 %, Infrarot-B: 25 %, Infrarot-C: 68%.

Dieses Gutachten umfasst die Seiten 1 bis 11.

Autorisierte Person:


Dr. Georg Veess

Datum: 13.12.2018
Auftragsnummer: L-1939

Gutachter:


DI Marko Weber

Hinweise:

Das Gutachten bezieht sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Ohne schriftliche Genehmigung der Prüfstelle darf das Gutachten nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

1. Umfang des Gutachtens

Zeitpunkt der Durchführung der Messungen

15.11. - 29.11. 2018

Ort der Durchführung der Messungen

Prüfstelle für Laser, LED & Lampen-Sicherheit, Seibersdorf Labor GmbH, 2444 Seibersdorf, Österreich

Umfang des Gutachtens

Das vorliegende Gutachten umfasst die strahlenschutztechnische Beurteilung eines Vollspektrumstrahlermoduls (kurz „Strahler“) der Firma ATROPA Wellness GmbH und zum weiteren Einsatz in Infrarot-Wärmekabinen. In diesem Sinne werden vor dem Strahler gemessene Bestrahlungsstärken mit internationalen Grenzwerten hinsichtlich einer möglichen Schädigung der Augen und der Haut verglichen. Andere potentiell mögliche (d.h. nicht auszuschließende) nachteilige Wirkungen auf den Organismus können nicht bewertet werden, da keine anwendbaren Grenzwerte existieren.

Des Weiteren umfasst das Gutachten die Abschätzung des prozentuellen Anteils je Spektralbereich am abgestrahlten Spektrum.

Die Wirkung der Infrarotstrahlung im medizinisch-physiologischen oder therapeutischen Sinn wird im Rahmen dieses Gutachtens nicht bewertet.

Begutachteter Gegenstand

Der begutachtete Vollspektrumstrahler ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Strahlermodul besteht aus einem Stabstrahler des Typs SOLIS FS350 (Spannung 230 Volt, elektrische Anschlussleistung 350 Watt, siehe dazu auch Gutachten LE-G29/18), einem metallischen Reflektor, einem bräunlich erscheinendem Filterglas und einem mit schwarzem Samt beflockten Abdeckgitter in einem Holzrahmen. Das Abdeckgitter verhindert den direkten Kontakt mit dem Filterglas. Der Strahler wurde direkt mit dem Stromnetz verbunden.

Bei Verwendung des Strahlermoduls als Rückenstrahler in einer Infrarot-Kabine sind zusätzlich Holzlehnen seitlich des Strahlermoduls angebracht (dienen als Rückenlehne in der Infrarot-Kabine).

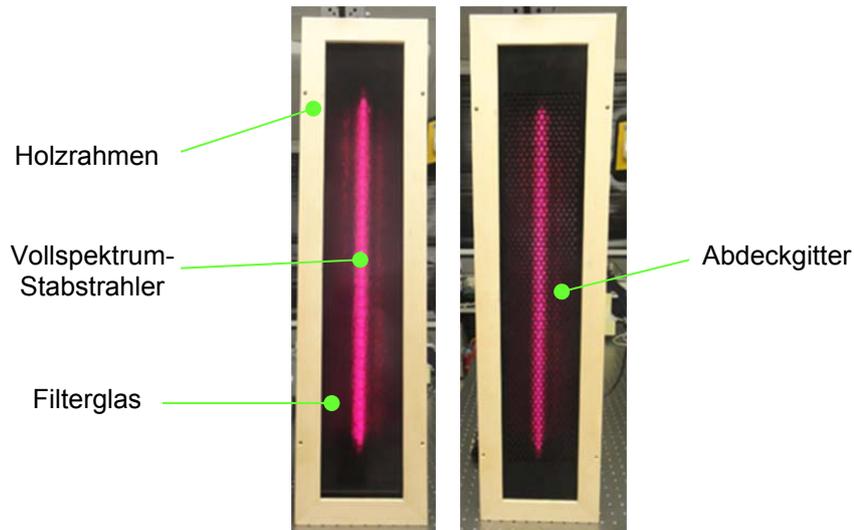


Abbildung 1: Begutachtetes Vollspektrum-Strahlermodul bei entferntem Abdeckgitter (Abbildung links) und mit Abdeckgitter (Abbildung rechts).

Messbedingungen

Sämtliche Messungen wurden nach einer Aufheizzeit von zumindest 30 Minuten, in einem thermisch stabilen Zustand des Strahlers, durchgeführt. Der Strahler war direkt an das lokale Stromnetz angeschlossen. Externe Lichtquellen wurden während den Messungen ausgeschaltet. Alle Messungen wurden bei vertikaler Positionierung des Strahlers, wie in Abbildung 2 dargestellt, durchgeführt. Bei dieser Positionierung, die auch bei Verwendung des Strahlers in einer Infrarot-Kabine relevant ist, kann die aufsteigende heiße Luft durch einen Lüftungsschlitz im oberen Teil des Holzrahmens entweichen.

Alle Messungen wurden bei einer Raumtemperatur von 23 - 24°C durchgeführt.

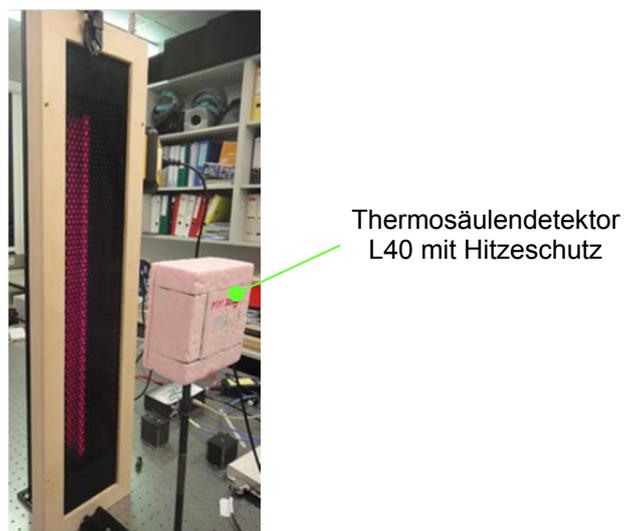


Abbildung 2: Vertikale Positionierung des Vollspektrumstrahlers bei allen Messungen.

Verwendete Messgeräte

- OPHIR Thermosäulendetektor L40 (MM-35/03) mit USB-Interface (MM-35/01)
- OPHIR Thermosäulendetektor 12A (MM-35/08)
- Thermometer testo 174H
- Rollmaßband (MM-LE0050)
- Ocean Optics Spektrometer USB2000+ (MM-34/03)
- Ocean Optics Spektrometer NIRQuest 512 (MM-39/03)
- Control Development Spektrometer NIR256 (MM-39/01)

Verwendete Unterlagen

- ICNIRP „*ICNIRP Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation*“, Health Physics, Volume 105(1), p.74-96, 2013
- ICNIRP “*ICNIRP Statement on far infrared radiation exposure*“, Health Physics, 91(6), p.630-645, 2006
- IEC 62471:2006 “*Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen*”

2. Beschreibung der Problemstellung, Grenzwerte

2.1. Allgemein

Optische Strahlung im Wellenlängenbereich über 780 nm wird auch Wärmestrahlung genannt, da sie einerseits von warmen bzw. heißen Körpern abgegeben wird und andererseits beim Auftreffen auf einen Körper (der absorbierte Anteil) zu dessen Erwärmung bzw. Erhitzung führt¹. Der Grad der Erwärmung hängt dabei unter anderem von der Bestrahlungsdauer und der Bestrahlungsstärke (auftreffende Strahlungsleistung pro Fläche) ab. Bei entsprechend starker Temperaturerhöhung kann es beim Menschen zu schädlichen Wirkungen kommen. Bei intensiver Bestrahlung der Haut kann es z.B. zu Verbrennungen kommen, bei Bestrahlung der Augen mit Wellenlängen über 1400 nm zu einer Trübung der Hornhaut, bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht und IR-A Strahlung theoretisch auch zur Verbrennung der Netzhaut. Bei einer Langzeiteinwirkung auf die Linse (d.h. regelmäßige Bestrahlung über einen längeren Zeitraum hinweg) kann die Entstehung von grauem Star (Katarakt) beschleunigt werden.

Die internationale Strahlenschutzkommission ICNIRP hat dafür Grenzwerte veröffentlicht, die für die Haut und die Augen getrennt festgelegt sind. Diese Grenzwerte wurden von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission IEC in den technischen Report IEC TR 60825-9 übernommen. Ferner stellen sie in der Norm IEC 62471 die Basis für die Festlegung der Risikogruppen dar.

Bei einer Überschreitung der Grenzwerte kann eine nachteilige Wirkung auf Augen und Haut nicht ausgeschlossen werden. Ob es bei einer Grenzwertüberschreitung auch zu einer schädigenden Wirkung kommt, hängt vom Grad der Überschreitung ab, d.h. bei nur leichter Grenzwertüberschreitung ist das Risiko für eine nachteilige Wirkung auf Grund der in den

¹ Je nach Temperatur des Strahlers verschieben sich die Wellenlängen der abgestrahlten Energie. Bei 100°C liegt das Maximum bei ca. 7,8 µm (IR-C), bei 800°C bei ca. 2,7 µm (IR-B). Bei 5700°C (Temperatur der Sonne) liegt das Maximum bei ca. 0,5 µm (sichtbarer Bereich).

Grenzwerten berücksichtigten Sicherheitsfaktoren gering. Ab welcher Bestrahlung es zu einer nachteiligen Wirkung kommt, kann im Rahmen dieses Gutachtens aufgrund von fehlenden Dosis-Wirkungskurven nicht analysiert werden. Es wird daher davon ausgegangen, dass man bei Grenzwertüberschreitung eine potentielle schädliche Wirkung auf Augen und Haut nicht ausschließen kann. Sollte der Grenzwert nicht erreicht werden, kann man jedoch davon ausgehen, dass es im Rahmen der Gültigkeit der Grenzwerte zu keiner schädlichen Wirkung auf Auge bzw. Haut kommt.

2.2. Haut

Für eine Bestrahlungsdauer von 10 Sekunden gilt bei Bestrahlung der Haut ein Grenzwert von 3550 W m^{-2} (Watt pro m^2). Gemäß ICNIRP Guidelines ist dieser Grenzwert mit jenem Anteil des Messwerts zu vergleichen, welcher zwischen 380 nm und 3000 nm ($\leq 3 \mu\text{m}$) liegt. Zusätzlich ist aber auch angeführt, dass für Sicherheitsanalysen der Spektralbereich über 3000 nm miteinbezogen werden kann. Im Rahmen dieses Gutachtens wird der gesamte Infrarotbereich mit dem Grenzwert verglichen. Damit wird ein gewisser Sicherheitsfaktor bezüglich des Risikos der Entstehung von Erythema ab igne und des Zeitpunktes der Wahrnehmung von Hitzeschmerzen eingeführt (siehe folgende Diskussion).

Für Bestrahlungsdauern über 10 Sekunden wurde von der ICNIRP kein Grenzwert für die Haut definiert, da in diesem Fall bei schädlichen Bestrahlungswerten die normalerweise auftretenden Schmerzen selbstschützende Abwendreaktionen auslösen, noch bevor es zu einer Verbrennung kommt. Für längere Bestrahlungszeiten ist ferner eine mögliche Überhitzung des Körperinneren zu bedenken (Hitzestress), deren Beurteilung aber nicht Teil dieses Gutachtens ist, weil dafür neben der Bestrahlung auch noch die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit zu berücksichtigen wären. Der ICNIRP/IEC Grenzwert ist auch nicht bei direktem Kontakt der Haut (Berührung) mit einer heißen Oberfläche anwendbar (Hinweis: Der ICNIRP-Grenzwert bezüglich Verbrennung der Haut gilt nicht bei direktem Kontakt). Der bestehende ICNIRP Grenzwert für die Haut bezieht sich auch nicht auf Effekte wie Erythema ab igne oder beschleunigte Hautalterung. Diese Effekte können nach dem heutigen Stand der Wissenschaft und Technik nicht ausgeschlossen werden. Es bestehen dafür keine anerkannten Grenzwerte. Das Risiko kann jedoch als gering eingestuft werden. Das vorliegende Gutachten beschränkt sich daher auf jenen Hauteffekt, auf den sich der derzeitige ICNIRP Grenzwert bezieht: eine Verbrennung der Haut durch optische Strahlung innerhalb von 10 s Bestrahlungsdauer.

2.3. Vordere Augenmedien – Linse

Strahlung der Wellenlänge größer 1400 nm wird von der Hornhaut und der Linse des Auges absorbiert. Wellenlängen unter 1400 nm werden von der Iris absorbiert. Aufgrund der Wärmeleitung kann sich dadurch die Temperatur der Linse erhöhen. Des Weiteren gelangt Strahlung unter 1400 nm auch auf die Netzhaut des Auges, führt aber bei gängigen Infrarotstrahlern zu keiner Überschreitung des Grenzwerts. Im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 3000 nm ist daher vor allem die potentielle nachteilige Wirkung auf die Linse relevant, wobei es bei chronischer Überschreitung des Grenzwerts zu einer verfrühten Entstehung von grauem Star (Katarakt) - also einer Eintrübung der Linse - kommen kann. Aus diesem Grund wird der Messwert im Rahmen dieses Gutachtens auf den Wellenlängenbereich von 780 nm bis

3000 nm eingegrenzt. Die spektrale Bestrahlungsstärke im Bereich 780 nm – 1000 nm wurde allerdings nicht mit dem Faktor 0,3 gemäß ICNIRP gewichtet (Sicherheitspuffer), da diese Gewichtung, aufgrund des emittierten Spektrums, nur einen geringen Einfluss auf die in Tabelle 3 angegebenen Messwerte hat (Reduktion der Messwerte um ca. 3 %).

Für eine länger andauernde Bestrahlung der Augen (über 1000 Sekunden, ca. 16 Minuten) in einer Umgebung mit erhöhter Lufttemperatur gilt ein Grenzwert von 100 W m^{-2} . Für kürzere Bestrahlungsdauern sind höhere Grenzwerte erlaubt (z.B. $835 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ für 1 Minute, $3200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ für 10 Sekunden). Die Formel zur Berechnung des Grenzwertes für verschiedene Bestrahlungsdauern „t“ lautet: $18000 t^{0,75} \text{ W m}^{-2}$ für $t < 1000 \text{ s}$.

2.4. Auge - Netzhaut

Strahlung bis 1400 nm gelangt bis auf die Netzhaut des Auges und kann dort bei entsprechend hoher Bestrahlungsstärke zu einer thermischen Schädigung der Netzhaut führen. Um eine mögliche thermische Netzhautgefährdung beurteilen zu können, ist gemäß ICNIRP der Wellenlängenbereich von 380 nm - 1400 nm heranzuziehen. Der entsprechende Strahldichtegrenzwert beträgt $2,8 \cdot 10^5 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ für eine Expositionsdauer von 10 s und einer Quellgröße α von 100 mrad bei Quellen, die einen merklichen visuellen Stimulus für das Auge erzeugen (Leuchtdichte $\geq 10 \text{ cd m}^{-2}$).

Wird Strahlung im Wellenlängenbereich von 300 nm - 700 nm emittiert, dann kann bei entsprechend langer Bestrahlungsdauer die Netzhaut des Auges auch photochemisch geschädigt werden (Schädigungsmechanismus „Blaulicht“). Der entsprechende Strahldichtegrenzwert beträgt $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ für eine Expositionsdauer von 10000 s. Eine photochemische Schädigung der Netzhaut ist durch den begutachteten Vollspektrumstrahler nicht möglich, da dieser zu wenig Strahlung im relevanten Wellenlängenbereich emittiert.

3. Anteilige abgegebene Leistung je Spektralbereich

Für die Bestimmung der anteiligen abgegebenen Leistung je Spektralbereich wurde die spektrale Bestrahlungsstärke des Vollspektrumstrahlers im Abstand von 20 cm zum Filter des Strahlers (mittig vor dem Strahler, das Abdeckgitter wurde für diese Messungen entfernt) nach einer Aufheizzeit von zumindest 30 min mittels dreier Spektrometer im Wellenlängenbereich 350 nm – 2220 nm gemessen. Da der Vollspektrumstrahler ein Temperaturstrahler ist, kann das abgestrahlte Spektrum mit Hilfe des Planck'schen Strahlungsgesetzes für Wellenlängen $> 2220 \text{ nm}$ extrapoliert werden. Das gemessene bzw. extrapolierte Spektrum ist in Abbildung 3 dargestellt. Eine Unsicherheit bei der Planck-Extrapolation ergibt sich durch das Filterglas. Die spektralen Transmissionsgrade des Filterglases konnten bei der Extrapolation nicht berücksichtigt werden da diese dem Gutachter nicht vorliegen.

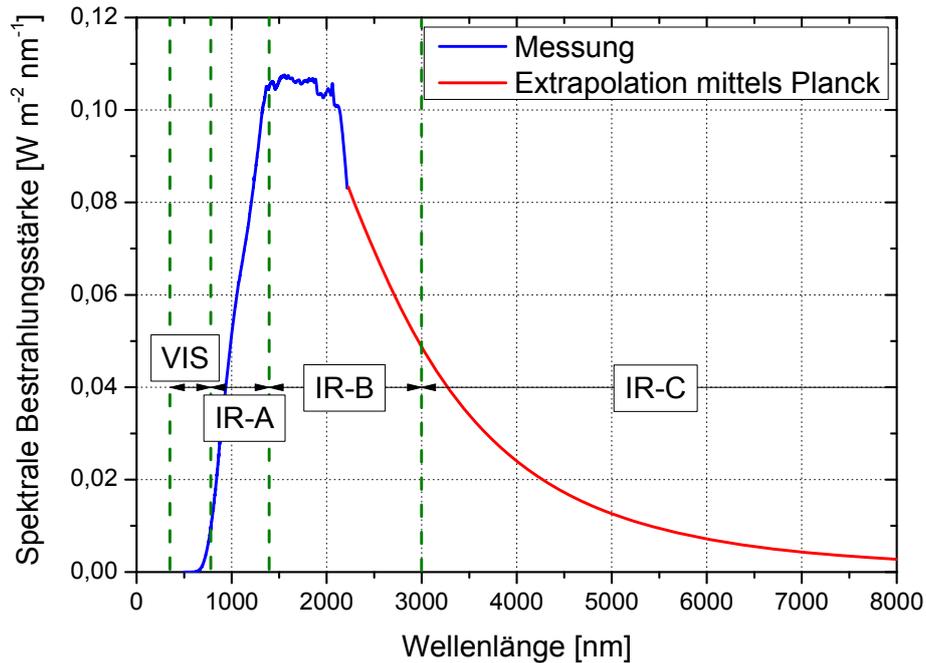


Abbildung 3: Spektrale Bestrahlungsstärke gemessen im Wellenlängenbereich 500 nm – 2220 nm 20 cm vor dem Filter des Vollspektrumstrahlers (blauer Graph), sowie Extrapolation für Wellenlängen > 2220 nm mit dem Planck’schen Strahlungsgesetz (roter Graph). Die Transmission des Filterglases konnte bei der Extrapolation aufgrund fehlender Daten leider nicht berücksichtigt werden. Auf Grund des Wassers in der Luft wird ein Teil der abgestrahlten Strahlung absorbiert, noch bevor sie den Körper erreicht (betrifft den roten Graph – Extrapolation mittels Planck). Im Sinne einer worst-case Abschätzung wird dieser Effekt im Rahmen des Gutachtens nicht berücksichtigt.

Ein Teil der vom Stabstrahler emittierten Strahlung wird von den Komponenten des Strahlermoduls (z.B. Filterglas, Reflektor) absorbiert. Dadurch erwärmen sich diese Teile und strahlen die Wärme im Infrarot-C – Bereich wieder ab. Diese zusätzliche Strahlung wird vom Spektrum in Abbildung 3 nicht erfasst, kann aber durch Messungen mit dem Thermosäulendetektor messtechnisch erfasst werden. Berücksichtigt man auch die mit dem Thermosäulendetektor erfasste zusätzliche Strahlung, so verschiebt sich die spektrale Strahlungsverteilung deutlich zu längeren Wellenlängen. Die unter Berücksichtigung der spektralen Messungen und der Messungen mit dem Thermosäulendetektor abgeschätzte Strahlungsverteilung ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Prozentuelle Verteilung der emittierten Strahlungsleistung je Spektralbereich basierend auf den Messungen mittels Spektrometer und Thermosäulendetektor.

VIS ($0,38 \leq \lambda \leq 0,78 \mu\text{m}$)	IR-A ($0,78 \leq \lambda \leq 1,4 \mu\text{m}$)	IR-B ($1,4 \leq \lambda \leq 3 \mu\text{m}$)	IR-C ($\lambda > 3 \mu\text{m}$)
0,1 %	7 %	25 %	68 %

4. Vergleich mit den Grenzwerten

Die integrale Bestrahlungsstärke wurde mit Hilfe des Thermosäulendetektors L40 gemessen (Durchmesser der Apertur: 35 mm). Zusätzlich wurden, betreffend die vorderen Augenmedien, Messungen bei Verwendung eines doppelten Borofloatglasfilters vor dem Thermosäulendetektor durchgeführt (nur marginal durchlässig für Infrarot-C). Als Messpositionen wurden Positionen bzw. Abstände gewählt, die repräsentativ als „worst-case“-Positionen für die Bestrahlung der Haut bzw. der Augen in einer IR-Kabine sind. Bei diesen Messungen wurde, wenn nicht anders angegeben, das Abdeckgitter (wie bei normaler Verwendung des Strahlermoduls in Abbildung 2 dargestellt) im Strahler verwendet.

4.1. Gefahr “Haut thermisch”

In Tabelle 2 wird der Messwert für die Haut an unterschiedlichen Positionen vor dem Strahler dem entsprechenden ICNIRP-Grenzwert gegenüber gestellt. Selbst im sehr nahen „worst-case“-Abstand von direkt vor dem Holzrahmen (ca. 4 cm vor Strahlerstab des Strahlermoduls) wird der ICNIRP-Grenzwert für die Haut nicht überschritten.

Ein absichtliches Aufliegen der Haut direkt am Strahler wird im Rahmen dieses Gutachtens nicht beurteilt, da der ICNIRP-Grenzwert für den direkten Kontakt nicht anwendbar ist.

Für Bestrahlungsdauern länger 10 s wird von ICNIRP kein Grenzwert angegeben, da es generell zu intensiven Hitzeschmerzempfindungen kommt, bevor eine Schädigung eintritt. Wenn die Temperaturerhöhung so langsam erfolgt, dass sie sich über mehrere Sekunden hin hinstreckt, bis es zum Hitzeschmerz kommt, bleibt im Normalfall genügend Reaktionszeit, um sich von den heißen Quellen zu entfernen. Sollte jedoch das Temperaturempfindungs-, und somit das Schmerzempfindungsvermögen gestört sein, kann die Abwendreaktion ausbleiben, und es könnte dann in diesen Fällen zu Temperatur-Zeit Verläufen kommen, die bei einer Bestrahlungsdauer von länger als 10 s eine Verbrennung ergeben. Als Beispiele für entsprechende Zustände, bei denen es zu Verbrennungen in Positionen mit intensiver Bestrahlung kommen kann, seien genannt: ein gestörtes Schmerzempfindungsvermögen, zum Beispiel bei Einnahme von Medikamenten (z. B. schmerzstillende Medikamente), bei Alkohol- oder Drogeneinfluss, bei Schlafzustand bzw. Bewusstlosigkeit oder bei manchen Krankheiten. Eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Verbrennung kann sich ebenso ergeben, wenn die Haut vor der Verwendung des Infrarot-Strahlers durchblutungsfördernd behandelt wurde, z. B. durch mechanisches Abreiben. Ein körperliches Unvermögen, sich aus dem Strahlungsfeld zu entfernen, obwohl ein Hitzeschmerz eintritt (z. B. Lähmung) oder ein absichtliches Verharren im Strahlungsfeld trotz Hitzeschmerz kann ebenfalls im Extremfall zu Verbrennungen der Haut führen.

Tabelle 2: Vergleich der gemessenen Bestrahlungsstärke an unterschiedlichen Positionen vor dem Strahler mit dem ICNIRP-Grenzwert für die Haut (Zeitbasis 10 s)

Messposition	Messwert [W m^{-2}]	Grenzwert für $t = 10\text{s}$ [W m^{-2}]
4 cm vor Strahlerstab bei Verwendung des Abdeckgitters (repräsentativ für die Haut des Rückens vor dem Rückenstrahler wenn Rücken auf Höhe des Holzrahmens)	2100	3556
10 cm vor Strahlerstab bei Verwendung des Abdeckgitters (repräsentativ für Haut des Rückens vor dem Rückenstrahler wenn in IR-Kabine an Rückenlehne angelehnt sitzend)	1040	

4.2. Gefahr „Auge Infrarot“

In Tabelle 3 sind die Messwerte (Thermosäulendetektor in Kombination mit doppeltem Borofloatglasfilter) für die vorderen Augenmedien für „worst-case“-Abstände für die Augen zum Stabstrahler dem entsprechenden ICNIRP-Grenzwert für Dauerbestrahlung der Linse des Auges gegenüber gestellt.

Tabelle 3: Vergleich der gemessenen Bestrahlungsstärke in „worst-case“ Positionen für die Augen mit den ICNIRP-Grenzwerten für die Linse des Auges (Zeitbasis 1000 s)

Messposition	Messwert [W m^{-2}]	Grenzwert für $t \geq 1000\text{s}$ [W m^{-2}]	Max. Bestrahlungsdauer [s]
10 cm knapp oberhalb der Mitte vor Strahlerstab des Strahlermoduls (diese Augenposition kann in einer IR-Kabine nur für kurze Zeit eingenommen werden, da diesem Abstand keine bequeme Sitzposition in einer Kabine zugeordnet werden kann)	172	100	493
30 cm knapp oberhalb der Mitte vor Strahlerstab	74		>1000
50 cm knapp oberhalb der Mitte vor Strahlerstab	43		>1000

Selbst im „worst-case“ – Abstand von 30 cm zum Strahlerstab des Vollspektrumsstrahlermoduls, der nicht über einen längeren Zeitraum (z.B. aufgrund unbequemer Haltung) in einer Kabine eingenommen werden kann, wird selbst der Grenzwert für langandauernde IR-Bestrahlung des Auges nicht überschritten. In Abständen $< 25\text{ cm}$ kann vor dem Strahlermodul der Grenzwert für Dauerbestrahlung zwar überschritten werden, eine Grenzwertüberschreitung ist aber nicht realistisch da diese Augenposition in einer Kabine gegenüber dem Strahler bei normalem Verhalten des Benutzers nur kurzzeitig eingenommen werden kann. Selbst im extrem kleinen Abstand von 10 cm vor dem Vollspektrumstrahler beträgt die maximal erlaubte Bestrahlungsdauer für die Augen noch 493 s.

In einer realen Sitzposition in einer IR-Kabine befinden sich die Augen des Benutzers ca. 70 cm vor dem Strahler (bei Verwendung des Vollspektrumstrahlers als Frontstrahler) und befinden sich normalerweise oberhalb des Strahlers. Selbst bei einem direkten Blick in den Strahler ist die Bestrahlungsstärke in dieser bequemen Position, die in der Kabine auch für längere Zeit eingenommen wird, kleiner als der in Tabelle 3 angegebene Messwert für den Messabstand 50 cm (die Messungen erfolgten axial und knapp oberhalb der Mitte vor dem Vollspektrumstrahler – siehe Abbildung 2). Bei sachgemäßem Gebrauch des Vollspektrumstrahlers in einer IR-Kabine und normalem, vorhersehbarem Verhalten des Benutzers in der IR-Kabine ist davon auszugehen, dass eine Schädigung der vorderen Augenmedien durch die abgegebene IR-Strahlung des Strahlerstabes nicht möglich ist.

4.3. Gefahren “UVA”, “aktinisches UV” und “Blaulicht”

Aufgrund des gemessenen Spektrums kann eine photochemische Netzhautschädigung sowie eine Schädigung der Augen und der Haut durch UV-Strahlung durch den begutachteten Strahlerstab ausgeschlossen werden, da keine Strahlung (UV) bzw. eine zu geringe Strahlung (bis 700 nm) im jeweils relevanten Spektralbereich emittiert wird. Die mittels worst-case Messung (mit offenem Messempfangswinkel im Abstand von 20 cm zum Vollspektrumstrahler) ermittelte effektive Blaulicht-Strahldichte beträgt $0,008 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$, der entsprechende Grenzwert für Dauerbestrahlung (Zeitbasis $t = 10000 \text{ s}$) beträgt $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$.

4.4. Gefahr “Netzhaut thermisch“

Für die Gefährdungsabschätzung betreffend einer möglichen thermischen Netzhautschädigung des Auges wurde eine „worst-case“ Analyse durchgeführt, wobei die Quellgröße α mit 100 mrad angenommen wurde, die Expositionsdauer $> 10 \text{ s}$ beträgt und ein offener Messempfangswinkel² (bei einem Messabstand von 20 cm) verwendet wurde. Für die Umrechnung der effektiven Bestrahlungsstärke in die effektive Strahldichte wurde jedoch ein ebener Winkel von $\gamma = 11 \text{ mrad}$ verwendet. Der gewichtete Messwert ist dem Grenzwert in Tabelle 4 gegenüber gestellt. Selbst bei einer „worst-case“ Analyse wird der Grenzwert für eine thermische Schädigung der Netzhaut nicht überschritten. Eine Schädigung der Netzhaut des Auges ist durch den begutachteten Strahlerstab nicht möglich.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der mit offenem Messempfangswinkel gemessenen Strahldichte mit dem ICNIRP-Grenzwert für die Netzhaut (Zeitbasis $> 10 \text{ s}$, $\alpha = 0,1 \text{ rad}$) bei einem Messabstand von 20 cm.

Messwert [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]	Grenzwert [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]
58257	280000

² Die tatsächliche effektive Strahldichte ist deutlich kleiner, als der in Tabelle 4 angegebene Messwert, da für die Messung ein Messempfangswinkel von 11 mrad zu verwenden ist, anstatt eines offenen Messempfangswinkels, wie bei der „worst-case“ Analyse verwendet.

5. Befund

Ein Vergleich der gemessenen Bestrahlungswerte mit den internationalen Grenzwerten lässt den Schluss zu, dass eine Verbrennung der Haut oder eine Schädigung der Augen durch die vom begutachteten Vollspektrumstrahler abgegebene optische Strahlung bei der sachgemäßen Verwendung und normalem, vorhersehbarem Verhalten des Benutzers in einer Infrarot-Wärmekabine nicht möglich ist.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit einer Überhitzung des Körperinneren (Hitzestress) nicht beurteilt wurde. Ob es im konkreten Fall zu Hitzestress kommen kann, hängt neben der konkreten Bestrahlungssituation in einer Infrarot-Wärmekabine auch von der Lufttemperatur und Luftfeuchte ab. Es wird ferner darauf hingewiesen, dass bei Unterdrückung oder Fehlen der Wärmeempfindung bzw. des Hitzeschmerzes (z.B. bei Drogen-, Alkohol- oder Medikamenteneinfluss) oder besonderen Maßnahmen zur Durchblutungssteigerung der Haut (z.B. starkes mechanisches Abreiben) eine Verbrennung der Haut für Bestrahlungsdauern > 10 s nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Aufgrund der festgestellten Bestrahlungswerte wird dieses Risiko jedoch als sehr gering eingestuft.

- - -

Ende des Gutachtens