

INFORMATIONSBLATT

INFRAROT-WÄRMEKABINEN

Laser-, LED- & Lampen-Sicherheit

1. Einleitung

Dieses Informationsblatt wurde verfasst, um häufig gestellte Fragen an unseren Fachbereich bezüglich Infrarotkabinen zu beantworten. Wir haben seit 1996 verschiedenste Infrarot-Wärmekabinen (kurz IR-Kabine¹) begutachtet. Es sei ausdrücklich betont, dass sich diese Gutachten ausschließlich auf die Strahlungssicherheit beziehen. Sie treffen keinerlei Aussagen über die Qualität der Strahler/Kabine und beurteilen nicht die medizinische Wirksamkeit der Strahlung. Auch auf die Frage, „welche Strahler besser sind“, können wir keine Auskunft geben. Wir beschäftigen uns nur mit möglichen nachteiligen Wirkungen auf Auge und Haut. Wir dürfen auch keine spezifischen Informationen zu Gutachten an Dritte weitergeben. Lassen Sie sich im Zweifelsfall eine Kopie des Gutachtens oder des Prüfberichtes vom Anbieter oder Hersteller geben.

Seit einigen Jahren werden IR-Kabinen vermehrt beworben. Es handelt sich dabei um Kabinen aus Holz, in denen mehrere „Wärmestrahler“ angebracht sind.

Das vorliegende Informationsblatt beantwortet folgende Fragen:

Was ist IR-Strahlung?

Wo wird IR-Strahlung im Gewebe aufgenommen?

Welche möglichen Gefahren sind mit der IR-Strahlung verbunden?

2. Infrarotstrahlung

Infrarotstrahlung wird im allgemeinen Sprachgebrauch auch als „*Wärmestrahlung*“ bezeichnet, da diese Strahlung beim Auftreffen auf die Haut eine Wärmeempfindung auslöst. Die IR-Strahlung ist eine natürliche Strahlung und begegnet uns im Alltag in den verschiedensten Formen: z.B. geben Sonne, Badezimmerstrahler oder Kachelofen IR-Strahlung ab. Sie entsteht sobald ein Körper erwärmt wird, d.h. jeder warme/heiße Körper gibt mehr oder weniger IR-Strahlung ab.

Physikalisch ist die IR-Strahlung als „*elektromagnetische Welle*“ zu beschreiben und ist somit Teil des elektromagnetischen Spektrums. Wellen werden durch die „*Wellenlänge*“ charakterisiert.

¹ IR ... Abkürzung für „infrarot“

2.1 Wellenlänge

Die Wellenlänge gibt den Abstand zwischen zwei Wellenbergen an – s. Abb. 1. Elektromagnetische Wellen können Wellenlängen von einigen Kilometer oder auch nur von wenigen Billionstel Millimeter haben.

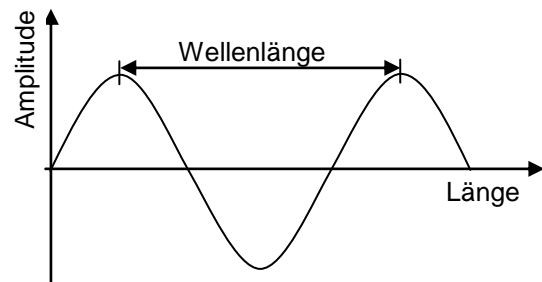


Abb. 1: Definition der Wellenlänge

Die sogenannten „optischen Strahlen“ werden gemäß internationaler Normen in die drei Bereiche, ultraviolette-, sichtbare und infrarote Strahlung eingeteilt.

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird die sichtbare Strahlung als „Licht“ bezeichnet. Die IR-Strahlung wurde aufgrund unterschiedlicher Eindringtiefen ins Gewebe noch weiter unterteilt in den IR-A, IR-B, und IR-C Bereich:

IR-A 780 nm – 1400 nm²⁾ (nahes IR)

IR-B 1400 nm – 3000 nm (mittleres IR)

IR-C 3000 nm – 1 mm (fern IR)

2.2 Eindringtiefe

Die Eindringtiefe der Infrarotstrahlung wird hauptsächlich durch die Absorption des Wassers im Gewebe bestimmt.

IR-A: Die Eindringtiefe in die Haut und ins Auge, ist im IR-A Bereich am größten, wobei die Strahlungsenergie über ein relativ großes Volumen aufgenommen wird³⁾. Die vorderen Augenmedien und der Glaskörper des Auges sind soweit durchlässig, dass die Strahlung die Netzhaut erreicht. Bei 1400 nm erreicht nur mehr sehr wenig Strahlung die Netzhaut.

IR-B: Infolge der erhöhten Absorption durch Wasser nimmt die Eindringtiefe dieser Strahlung mit

² nm ... Abkürzung für „Nanometer“ (= 1 Milliardstel Meter)

³ IR-A Strahlung wird in der Medizin im Rahmen der Hyperthermie eingesetzt, wo unter kontrollierten Bedingungen die Körperkerntemperatur stark erhöht wird (künstliches Fieber).

zunehmender Wellenlänge drastisch ab und erreicht bei einer Wellenlänge von 3000 nm ein Minimum. IR-B Strahlung erreicht die Netzhaut des Auges nicht mehr.

IR-C: Die Eindringtiefe bleibt über das gesamte Gebiet aufgrund der sehr starken Wasserabsorption weit unter 1 mm, d.h. die Strahlungsenergie wird bei Auge und Haut direkt an der Oberfläche aufgenommen. Die oftmals verwendete Bezeichnung „Tiefenwärme“ bei Langwellenstrahlern (IR-C Strahlern) ist daher vom biophysikalischen Standpunkt her nicht nachvollziehbar. Tiefer liegende Hautschichten erwärmen sich zwar, jedoch nicht direkt durch die Infrarotstrahlung sondern durch Wärmeleitung.

3. Beschreibung der Strahler

3.1 „Schwarzer Strahler“

Ein erwärmter Körper gibt Strahlung nicht nur bei einer einzigen Wellenlänge sondern bei vielen verschiedenen Wellenlängen gleichzeitig ab. Die maximale Abstrahlung eines Körpers bei einer bestimmten Temperatur wird durch den so genannten idealen „schwarzen Strahler“ erreicht, wobei die Strahlungsleistung je Wellenlänge jedoch unterschiedlich ist. Diese wellenlängenabhängige Abstrahlung lässt sich, wie Abb. 2 zeigt, in Form eines Diagramms übersichtlich darstellen.

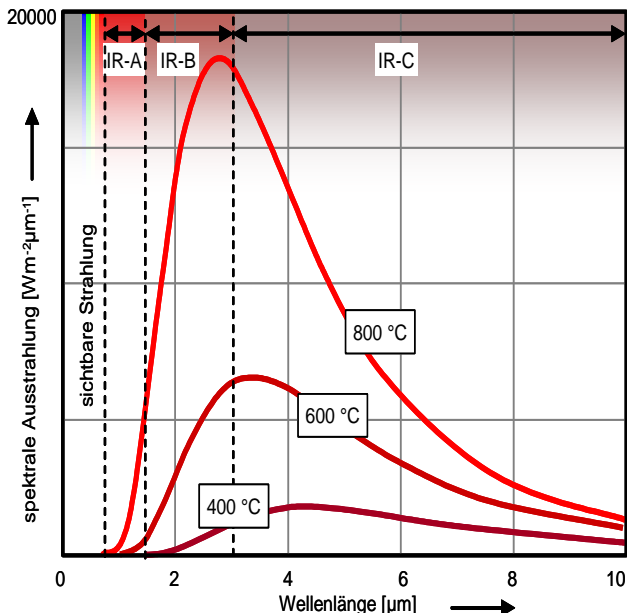


Abb. 2: Spektren eines „schwarzen Strahlers“ mit verschiedenen Oberflächentemperaturen.

Bei einer „Körpertemperatur“ von ca. 36 °C liegt das Maximum der Abstrahlung ungefähr bei einer Wellenlänge von 10 µm (IR-C Bereich). Je heißer

ein Körper wird, desto mehr Leistung wird abgestrahlt und desto mehr verschiebt sich das Maximum als auch die gesamte Verteilung in Richtung sichtbares Licht. So erscheint ein IR-A Strahler als rot glühend, da er bereits Anteile im roten Teil des sichtbaren Lichts hat (z.B. beginnt die Rotglut von Eisen bei etwa 800 – 900°C).

Reale Körper stellen keinen idealen schwarzen Strahler dar, sondern weichen in der abgegebenen Strahlung mehr oder weniger vom schwarzen Strahler ab. Zur Abschätzung der möglichen Gefährdung durch IR-Strahlung reicht jedoch in erster Näherung die Annahme eines schwarzen Strahlers aus.

3.2 Bestrahlungsstärke

Die Bestrahlungsstärke gibt an, wie viel Strahlungsleistung pro Flächeneinheit auftritt und wird daher in Watt pro Quadratmeter (W/m²) angegeben. Sie ist das Maß für die verwendeten Grenzwerte.

3.3 Strahlertypen

Die Strahler haben verschiedene Bauarten, und geben je nach Oberflächentemperatur des Strahlers verschiedene IR-Strahlung ab.

Eine mögliche Einteilung der verschiedenen Strahler ist nach der Oberflächentemperatur, da sich daraus die spektrale Verteilung ergibt - s. Abb. 2.

1) Großflächige Langwellen-Strahler (Paneele): hierbei wird praktisch die ganze Wand warm, wobei die Oberflächentemperaturen meist nur ca. 50 °C beträgt. Die abgegebene Strahlung liegt daher im fernen IR-Bereich (d.h. vollkommen im IR-C Bereich), die notwendige Bestrahlungsstärke am Körper kommt durch die Größe der Paneele zustande. Die Bestrahlungsstärke ist trotzdem meistens geringer als bei anderen (kleineren und etwas heißeren) langwelligen Strahlern. Das Bestrahlungsfeld ist normalerweise homogener als bei kleineren Strahlern, so genannte „Hot-Spots“⁴⁾ sind ausgeschlossen.

2) Langwellen-Strahler: haben eine Oberflächentemperatur von ca. 300 °C bis 380 °C und sind häufig als Stabstrahler ausgeführt. Bei dieser Temperatur handelt es sich nicht mehr um absolut

⁴⁾ Hot-Spots sind Punkte im Raum mit erhöhter Bestrahlungsstärke.

reine IR-C Strahlung – etwa 5 % bis 10 % der Strahlungsleistung liegen im IR-B Bereich, das Strahlungsmaximum liegt bei einer Wellenlänge von ungefähr 5 μm (siehe Abb. 2). Daraus erklärt sich, warum diese Kategorie von Strahlern auch manchmal „IR-C Strahler“ genannt werden. Hinter den eigentlichen Strahlern sind häufig Reflektoren angebracht, wodurch sich eine eher nach vorne gerichtete Abstrahlcharakteristik ergibt.

3) Kurzwellen-Strahler: Mit glühenden Wolfram-Wendeln, die von Glas oder Quarzröhren umgeben sind, kann man Strahlertemperaturen von bis zu 2000 °C erreichen. Das Prinzip ist hier ähnlich einer gefilterten Halogenleuchte und ist in kleiner Ausführung als Rotlicht-Glühbirne bekannt, die schon lange im Haushaltsbereich als Wärmelampe (besonders zur Kopfbestrahlung) eingesetzt werden. Die Strahlungsverteilung ergibt sich wieder durch die Temperatur des Strahlers - das Maximum des Spektrums liegt je nach Temperatur im IR-A Bereich oder an der Grenze von IR-A zu IR-B Bereich.

Ob es sich um Kurzwellenstrahler im nahen IR-Bereich (Maximum im IR-A oder IR-B Bereich) oder um Langwellen-Strahler (Maximum im IR-C Bereich) handelt, lässt sich optisch leicht feststellen, da erstere generell so hohe Temperaturen haben müssen, dass der Strahler glüht, und deshalb auch einen sichtbaren roten Anteil liefern, letztere jedoch kein sichtbares Licht emittieren, also „dunkel“ sind. Dies kann daher als Hilfestellung zur schnellen Identifizierung dienen.

Wenn man als Konsument eine bestimmte Art von Strahler wünscht, sollte man - um Missverständnisse zu vermeiden - vom Hersteller ein Diagramm der spektralen Leistungsverteilung des Strahlers anfordern. Die Bezeichnung der Strahler durch den Hersteller kann irreführend sein.

Es sei hier jedoch nochmals betont, dass wir keine Stellungnahme abgeben können oder wollen, welcher der Strahlertypen besser ist, um eine gewünschte Wirkung zu erzielen.

4. Grenzwerte und mögliche Gefahren

Absorbierte IR-Strahlung führt zu einer Temperaturerhöhung des Gewebes. Liegt diese Temperatur über einem gewissen Niveau, können schädliche Wirkungen auftreten, wobei auch die Dauer der Temperaturerhöhung eine Rolle spielt.

4.1 Auge

Je nach Wellenlänge können verschiedene Teile des Auges gefährdet sein. IR-A Strahlung dringt bis an die Netzhaut vor und kann bei entsprechender Temperaturerhöhung eine permanente Schädigung der Netzhaut hervorrufen. Die Bestrahlungsstärke von IR-A Strahlern liegt jedoch weit unter dem ICNIRP⁵⁾ Grenzwert [1], eine thermische Schädigung der Netzhaut ist daher auch bei langem Starren in die Quelle nicht möglich. Aussagen wie „durch IR-A Strahler kann es zu Netzhautablösungen kommen“, sind daher falsch und wurden leider auch von Konsumentenschutzzeitschriften, offensichtlich ohne ausreichende Recherche, übernommen [2].

Mit zunehmender Wellenlänge wird mehr und mehr Leistung bereits in der Linse absorbiert, was zu einer entsprechenden Temperaturerhöhung führen kann, die die Eintrübung der Linse (*grauer Star*) oder der Hornhaut zur Folge hat. Bezüglich Hornhaut ist jedoch anzumerken, dass eine Eintrübung nur bei extrem hohen Bestrahlungsstärken möglich ist, die durch IR-Strahler nicht erzeugt werden können. Bei längeren Bestrahlungsdauern ist man durch den Tränenfilm und die Schmerzreaktion geschützt.

Der Grenzwert wird daher hauptsächlich auf die Entstehung des grauen Stars bezogen, wobei vor allem eine immer wiederkehrende Bestrahlung besonderen Einfluss hat. Es sei betont, dass die Entstehung des grauen Stars eine normale Alterserscheinung ist, und das Auftreten durch Umwelteinflüsse wie UV- oder eben IR-A und IR-B Strahlung beschleunigt werden kann.

Für Bestrahlungsdauern über 15 Minuten bleibt der Grenzwert konstant (100 W/m^2), d.h. man kann sich dieser Strahlung beliebig lange aussetzen, wenn die Bestrahlungsstärke 100 W/m^2 nicht überschreitet. Eine Bestrahlungsstärke von 100 W/m^2 ist als Wärme spürbar, verglichen mit dem Infrarotanteil der Sonnenstrahlung zu Mittag in südlichen Breiten (ca. 500 W/m^2) ist sie jedoch relativ gering.

Für eine Grenzwertanalyse ist auch die Zeitabhängigkeit des Grenzwertes zu berücksichtigen. In den vorgesehenen Sitz/Liegepositionen wird der Grenzwert von 100 W/m^2 für Langzeitbestrahlung üblicherweise nicht überschritten. Die Bestrahlungsstärke kann jedoch höher werden, wenn man sich dem Strahler nähert, z.B. beim Bücken, um etwas vom Boden aufzuheben. Hier

⁵⁾ ICNIRP ... Abkürzung für „International Commission on Non-Ionising Radiation Protection“.

bei muss aber berücksichtigt werden, dass man sich in dieser Position vergleichsweise für nur kurze Zeit befindet und in den Strahler blicken kann. (Der Grenzwert für eine 1-minütige Bestrahlung beträgt z.B. 835 W/m^2). In den meisten von uns untersuchten IR-C Kabinen ist der Augen-Grenzwert bei Benützung in normaler Sitzposition nicht überschritten. Bei IR-B und IR-A Strahlern kann hingegen der Grenzwert gemäß Norm, je nach Abstand zum Strahler auch in normalen Sitzpositionen überschritten werden, und es wäre für solche Kabinen daher Augenschutz zu empfehlen. (Hierfür wären z.B. relativ kostengünstige Schweißerschutzbrillen ausreichend). Um das Risiko nicht überzubewerten, soll hervorgehoben werden, dass die Bestrahlungsstärke in üblichen IR-A oder IR-B Wärmekabinen nicht höher ist als vor einem offenen Kamin, am Lagerfeuer oder beim Grillen vor der Holzkohलगlut.

4.2 Hautverbrennung

Der ICNIRP Grenzwert bezüglich Verbrennung der Haut ist zeitabhängig und nur für eine Bestrahlungsdauer von bis zu 10 s definiert⁶ (er beträgt 3550 W/m^2 für 10 s). Für längere Bestrahlungsdauern existiert kein Grenzwert, da sich vor einer Verbrennung normalerweise ein starker Schmerz einstellt. Man geht davon aus, dass sich eine bestrahlte Person bei einer Schmerzempfindung innerhalb von 10 s aus dem Gefahrenbereich begibt. Nur wenn die Bestrahlung so hoch ist, dass man nicht genügend Reaktionszeit hat, um sich aus dem Strahlungsfeld zu entfernen, kann eine Verbrennung eintreten (z.B. bei Laserbestrahlung). Der Grenzwert für Bestrahlungsdauern bis zu 10 Sekunden wird in üblichen Wärmekabinen nicht überschritten. In manchen IR-Kabinen können jedoch bei etwas längeren Bestrahlungsdauern und bei entsprechend kurzen Abständen zu den Strahlern Bestrahlungswerte auftreten, die man als unangenehm empfindet und die sogar nach einer gewissen Zeit eine leichte Schmerzempfindung auslösen - sodass man z.B. das Knie vom Strahler wegbewegt (bei Strahlern im Kniebereich neben der Tür) oder sich etwas vom Rückenstrahler wegsetzt. Bei reduzierter oder fehlender Schmerzempfindung, wie sie z.B. bei Alkoholisierung, Drogeneinfluss oder nach Einnahme mancher Medikamente beobachtet wird, kann es zu Verbrennungen kommen (insbesondere, wenn man in der Kabine einschläft).

⁶ Die ICNIRP Grenzwerte decken Verbrennungen der Haut durch Berührung nicht ab.

Es wird auch anekdotisch von Einzelfällen berichtet, bei denen durch starkes Abreiben der Haut zwecks Durchblutungsförderung kurz vor Benutzung der Wärmekabine die Haut gegenüber einer Verbrennung stärker anfällig war als dies normalerweise der Fall ist. Von dieser Praxis und auch von der Verwendung durchblutungsfördernder Mittel ist daher abzuraten.

4.3 Beschränkung der ICNIRP Grenzwerte auf 3000 nm

Die zurzeit angegebenen ICNIRP Grenzwerte sind auf Wellenlängen bis 3000 nm beschränkt, da Strahler angenommen wurden, deren Strahlung großteils Wellenlängen unter 3000 nm aufweisen. In diesen Grenzwerten ist jedoch ein Sicherheitsfaktor eingebaut, der die Reststrahlung im IR-C Gebiet berücksichtigt.

Im Fall reiner IR-C Strahler, die den Großteil der Strahlung im Wellenlängenbereich über 3000 nm emittieren, ist zu empfehlen, den Grenzwert für die Haut auch auf das IR-C Gebiet anzuwenden, da der IR-C Anteil ansonsten praktisch unbeschränkt wäre.

4.4 Erythema ab Igne (EAI)

Mit Erythema ab Igne, (dt. *Hitzemelanose*), wird eine durch chronisch erhöhte Hauttemperatur hervorgerufene Hautveränderung bezeichnet. Diese Veränderung erscheint als rot-bräunliche, netzartige Pigmentveränderung – s. Abb. 3.

Es gibt leider noch keine quantitativen Untersuchungen zur Entstehung von EAI und es gibt daher auch noch keine Grenzwerte. Vorstudien deuten aber darauf hin, dass die Entstehung von EAI durch regelmäßige Verwendung von IR-Wärmekabinen, besonders bei Hot-Spots, nicht ausgeschlossen werden kann. Der Grenzwert für Hautverbrennungen innerhalb von 10 s ist dafür nicht anwendbar, d.h. auch bei Bestrahlungswerten unterhalb dieses Grenzwertes kann EAI entstehen.

Das EAI entwickelt sich eher selten, und wenn dann nur nach regelmäßiger Verwendung von Wärmeflaschen oder Heizkissen mit relativ hoher Temperatur und bei direkter Berührung mit der Haut.

EAI an sich ist keine ernsthafte Schädigung der Haut, sie ist eher eine kosmetische Veränderung, die dennoch verhindert werden sollte. Im Extremfall einer starken Hitzemelanose kann die Haut anfälliger für die Entstehung von Hautkrebs sein, welcher z.B. durch die UV Strahlung der Sonne

oder durch chemische Wirkstoffe ausgelöst wird [3, 4].

Wenn Sitzpositionen eingenommen werden, die zu einer starken lokalen Erhitzung der Haut führen, empfiehlt sich eine Beobachtung der Haut.

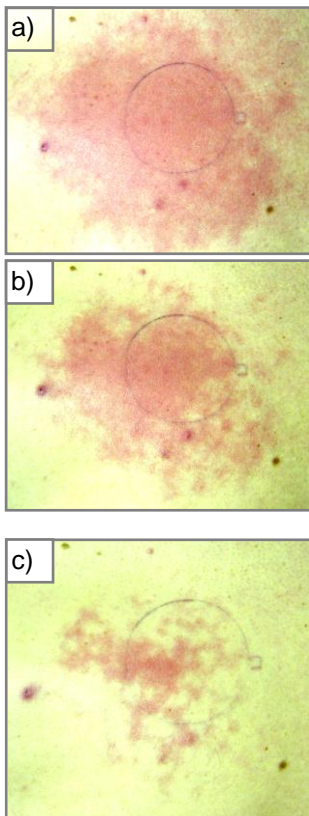


Abb. 3:
Entwicklung einer Hautrötung nach 15-minütiger Bestrahlung mit einem handelsüblichen IR-C Strahler ohne Auslösung eines

Hitzeschmerzes. (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. H. Meffert, Charité Berlin).

- a) am Ende der Bestrahlung
- b) 30 min nach Ende der Bestrahlung
- c) 1½ Std. nach Ende der Bestrahlung

Eine gewisse Hautrötung bei Anwendung einer Wärmekabine ist als normal zu bezeichnen, sie sollte aber innerhalb einer halben Stunde bis maximal einer Stunde nach Beendigung der Bestrahlung vergehen. Eine Hautrötung, besonders eine netzartige, welche nach der Bestrahlung für länger als eine Stunde besteht, ist ein erstes Anzeichen für das Potential einer EAI-Entwicklung. In diesem Fall sollte man die Kabine solange nicht nutzen, bis sich die Rötung zurückgebildet hat. Bei weiterem Bestehen der Rötung sollte ein Arzt aufgesucht werden. Wird die Bestrahlung trotz Ausbildung von netzartigen Hautrötungen regelmäßig weiter betrieben, kann sich die Hautstruktur im Sinne der Ausbildung einer Hitzemelanose permanent verändern.

Die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung einer Hitzemelanose kann nach Meinung der Autoren bei normaler und vernünftiger Verwendung der Wärmekabine als relativ gering eingestuft werden. Es ist bisher noch kein Fall bekannt, bei dem EAI

durch Benutzung einer IR-Wärmekabine entstanden ist.

4.4.1 Wirkt erhöhte Hauttemperatur Ko-Karzinogen?

Eine direkte DNA Schädigung durch IR-Strahlung ist nicht möglich, da die Strahlenenergie zu niedrig ist. Auch das Risiko für eine DNA Schädigung durch erhöhte Zelltemperatur kann bei gesunden Zellen als vernachlässigbar bezeichnet werden. Jedoch gibt es Anzeichen dafür, dass eine erhöhte Hauttemperatur die Reparatur der Hautzellen von anderweitig induzierten DNA Schäden beeinträchtigen kann [5]. Sollte die Zelle schon durch andere Einwirkungen, wie z.B. durch UV Strahlung, DNA Schäden erlitten haben, kann eine zusätzliche Hauttemperaturerhöhung in der Reparaturphase das Hautkrebsrisiko im Vergleich zur Situation bei normaler Hauttemperatur erhöhen, was als „ko-karzinogene Wirkung“ bezeichnet wird.

Es sei betont, dass dies nicht spezifisch für IR-Kabinen gilt, sondern generell die Erhöhung der Hauttemperatur betrifft, wie sie auch bei konventionellen Saunas oder bei heißen Bädern auftritt. Die Warnung betrifft somit generell eine Hauterwärmung nach Sonnenbädern und nach Benutzung von Solarien.

4.5 IR-Kabinen für Therapiezwecke

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass für bestimmte Krankheitsformen eine Sitzung in einer IR-Kabine sogar einen negativen Effekt haben kann! Die Eignung von IR-Kabinen für medizinisch therapeutische Zwecke kann nur von einem Arzt beurteilt werden!

5. Schlussfolgerungen

Der Grenzwert für die Haut ist nur für Verbrennungen, die innerhalb von 10 s eintreten würden, anzuwenden. Bei längeren Bestrahlungsdauern schützt normalerweise der Hitzeschmerz, der auftritt, bevor es zur Verbrennung kommt. Wärmekabinen sollten nach Drogen- und Alkoholkonsum oder nach Einnahme mancher Medikamente nicht benutzt werden.

Die Entstehung von Hitzemelanosen (EAI) kann besonders bei Strahlern mit Hot-Spots nach heutigem Wissensstand nicht vollkommen ausgeschlossen werden - das entsprechende Risiko wird aber als gering eingeschätzt.

Wegen der möglichen Beeinträchtigung der DNA Reparatur sollte keine Hauttemperaturerhöhung in den Stunden nach einem Sonnenbad oder einem Solariumbesuch erfolgen.

Siehe auch die Stellungnahme von ICNIRP, veröffentlicht in Health Physics Journal [6] und zum downloaden in:

<http://www.icnirp.de/documents/infrared.pdf>

6. Literaturverzeichnis

- [1] ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure for Broad-band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 μm), *Health Phys*, 73(3):539-597, 1997
- [2] Konsument, Infrarotkabinen – Heiße Luft, Verein für Konsumenteninformation, Wien, Heft 12/2002
- [3] Peterkin GA, Malignant Change in Erythema ab igne, *British Medical Journal*, p1599-1602, Dec 31 1955
- [4] Cross F., On a Turf (Peat) Fire Cancer: Malignant Change Superimposed on Erythema ab igne, *Proc R Soc Med Vol 60*, p 1307, 1967
- [5] Goss P, Parsons PG, Temperature-sensitive DNA repair of ultraviolet damage in human cells. *Int. J. Cancer*, Vol 17, p296-303, 1976

KONTAKT

Seibersdorf Labor GmbH
Laser-, LED- & Lampen-Sicherheit
2444 Seibersdorf, Austria

www.seibersdorf-laboratories.at
laser.optic@seibersdorf-laboratories.at
+43 (0) 50 550 2882