

# UV-FIBEL

Allgemeine Grundlagen zur Schulung der im Kundenkontakt stehenden Betreiber und Mitarbeiter von Solarienbetrieben

# ZERTIFIZIERTES SOLARIUM



nach den Kriterien des **BfS** Bundesamt für Strahlenschutz

## Die Mitglieder des RTS



Herausgeber: Runder Tisch Solarien  
c/o  
Bundesamt für Strahlenschutz  
Postfach 10 01 49  
38201 Salzgitter  
Telefon: 01888/333-0  
Telefax: 01888/333-1885  
Email: [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de)  
Internet: <http://www.bfs.de>

Druck: Braunschweig Druck, 1. Auflage 2003

**UV-FIBEL**

**Allgemeine Grundlagen zur Schulung der im Kundenkontakt  
stehenden Betreiber und Mitarbeiter von Solarienbetrieben**

Runder Tisch Solarien



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>PRÄAMBEL</b> .....	7
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	7
<b>2. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN</b> .....	7
2.1 Grundbegriffe und Definitionen .....	7
2.2 Solare und künstliche UV-Strahlung .....	10
2.2.1 Sonnenstrahlung .....	10
2.2.2 Künstliche UV-Strahlungsquellen .....	11
2.3 Messung der UV-Strahlung .....	11
<b>3. WIRKUNGEN DER UV-STRALUNG AUF DEN MENSCHEN</b> .....	12
3.1 Empfangsorgane für UV-Strahlung .....	12
3.1.1 Die Zelle .....	12
3.1.2 Die Haut (Cutis) .....	12
3.1.3 Die Augen .....	13
3.1.4 Das oberflächliche Gefäßsystem .....	14
3.2 Eindringen der UV-Strahlung in die Haut .....	14
3.3 Molekulare und zelluläre Wirkungen .....	15
3.3.1 DNS-Schäden .....	15
3.3.2 Wirkungen auf Zellbausteine sowie Apoptose .....	15
3.4 Lokale und systemische Wirkungen über die Haut .....	15
3.4.1 Positive Wirkungen .....	15
3.4.1.1 Vitamin D3-Synthese .....	15
3.4.1.2 Leistungs- und Kreislaufparameter .....	16
3.4.2 Akute Wirkungen .....	16
3.4.2.1 Der Sonnenbrand (Erythembildung) .....	16
3.4.2.2 Stimulation des UV-Eigenschutzes der Haut (UV-Adaptation) .....	17
3.4.2.2.1 Pigmentierung .....	17
3.4.2.2.2 Verdickung der Hornhaut (Aufbau der Lichtschwiele) .....	18
3.4.2.2.3 Fazit .....	18
3.4.2.3 Photoallergische und phototoxische Reaktionen, Polymorphe Lichtdermatose .....	18
3.4.3 Chronische Wirkungen von UV-Bestrahlungen und Spätfolgen .....	19
3.4.3.1 Vorzeitige Hautalterung .....	19
3.4.3.2 Hautkrebserkrankungen .....	20
3.4.3.3 UV-bedingte Regulation des Immunsystems (Immunsuppression) .....	20
3.5 UV-Empfindlichkeit der Haut und Hauttypen .....	21
3.6 Wirkungen an den Augen .....	22
3.7 Abhängigkeit der UV-Wirkungen von Spektrum, Dosis und Bestrahlungshäufigkeit .....	22
3.7.1 Spektrale Abhängigkeit .....	22
3.7.2 Schwellenbestrahlungen .....	22
3.7.3 Die Rolle der Erythemwirksamkeit als Grundlage zur Dosierung .....	23

<b>4. SOLARIEN – GERÄTETECHNIK, BETRIEB UND WARTUNG, QUALITÄTSNACHWEIS</b> .....	23
4.1 Aufbau von Solarien .....	23
4.2 Optisch wirksame Bauteile .....	23
4.2.1 Strahlungsquellen .....	24
4.2.1.1 Leuchtstofflampen .....	24
4.2.1.2 Hochdrucklampen .....	26
4.2.1.3 Mischlichtlampen .....	27
4.2.2 Alterung und Nutzlebensdauer optisch wirksamer Bauteile .....	27
4.3 Betrieb von Solarien .....	28
4.3.1 Elektrische Betriebsbedingungen und Betriebstemperatur .....	28
4.3.2 Filterung .....	28
4.3.3 Reflektoren .....	29
4.3.4 Kühlung und IR-Absorption .....	29
4.4 Kennzeichnung von Solarien .....	29
4.4.1 Begriffe und Bewertungsgrößen .....	29
4.4.1.1 Gleichmäßigkeitsfaktor .....	29
4.4.1.2 Erythemwirksame Bestrahlungsstärke .....	29
4.4.1.3 Sonnen-Erythem-Faktor .....	30
4.4.1.4 Maximaldauer der Erstbestrahlung und Schwellenbestrahlungszeiten .....	30
4.4.2 Klassifizierung .....	30
4.4.2.1 Gerätegröße (Unterteilung nach der Nutzfläche) .....	30
4.4.2.2 Gerätegruppen (Unterteilung nach der spektralen Verteilung) .....	31
4.4.3 Geräte Kennzeichnung .....	31
4.5 Anforderungen zur Qualitätssicherung .....	32
4.5.1 Gerätestandards .....	32
4.5.2 Geräteaufschriften .....	33
4.5.3 Wartung und Betriebsbuch .....	33
4.5.3.1 Wartungs- und Kontrollmaßnahmen .....	33
4.5.3.2 Austausch optisch wirksamer Bauteile .....	33
4.5.4 Qualitätskontrolle und Zertifizierung .....	34
<b>5. DOSIERUNG UND BEGRENZUNGEN VON UV-HAUTEXPOSITIONEN</b> .....	34
5.1 Ausschlusskriterien .....	34
5.2 Individuelle Dosierung von UV-Hautexpositionen und Bestrahlungsplan .....	35
5.2.1 Dosierung der Einzelbestrahlungen .....	35
5.2.2 Bestrahlungshäufigkeit und kumulative Dosen .....	35
<b>6. HYGIENE IM SOLARIENBETRIEB</b> .....	35
<b>7. KUNDENGESPRÄCH UND -BERATUNG</b> .....	36
<b>8. ERSTE HILFE IM SOLARIENBETRIEB</b> .....	37

<b>9. ANLAGEN</b> .....	39
9.1 Liste phototoxischer und photoallergischer Medikamente und Duftstoffe .....	39
9.2 Prüf- und Betriebsbuch .....	41
9.3 Kriterien zur Überprüfung der allgemeinen Hygienebedingungen in Solarienbetrieben .....	43
9.4 Kataloge .....	44
Katalog A: Ausschlusskriterien .....	44
Katalog B: Bestimmung des Hauttyps .....	44
Katalog C: Dosierungsplan .....	46
Katalog D: Empfehlungen und Normen .....	46
Katalog E: Informationen über mögliche Risiken .....	47
Katalog F: Einverständniserklärung .....	47
9.5 Glossar .....	48





# PRÄAMBEL

Die Sonne und das breite Spektrum ihrer Strahlung stellen unverzichtbare Faktoren für beinahe jedes Leben, insbesondere für das der Menschen auf unserer Erde dar. Eine besondere Bedeutung hat hierbei der ultraviolette Anteil, die „UV-Strahlung“, und seine Wirkung über die Haut auf den Organismus. Wichtige chemische Reaktionen und biologische Prozesse werden durch UV-Strahlung angeregt.

Gleichzeitig sind mit der UV-Strahlung der Sonne und aus künstlichen Quellen aber auch das Risiko von Schädigungen der Haut und der Augen verbunden.

Um die gesundheitlichen Risiken von UV-Expositionen zu verringern, ist es daher notwendig, gezielt über die Nutzung von UV-Strahlung zu informieren. Dies gilt insbesondere, wenn neben der UV-Strahlung der Sonne noch künstliche UV-Strahlung, z.B. in Solarien, zur Exposition beiträgt. Betreiber von Solarien und deren Mitarbeiter tragen daher eine besondere Verantwortung, wenn es darum geht, durch die Güte der von ihnen eingesetzten Geräte und der von ihnen vermittelten Information zu einer möglichst risikofreien Nutzung von UV-Strahlung beizutragen. Die vorliegende UV-Fibel dient dazu, diese wichtigen Aufgaben fachlich zu unterstützen.

## 1. EINLEITUNG

Die vorliegende UV-Fibel dient der Schulung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Solarienbetrieben (Sonnenstudios).

Als Solarien werden UV-Bestrahlungsgeräte zur nichttherapeutischen Bestrahlung der Haut des Menschen bezeichnet. Sie werden als Ganzkörper- oder als Teilkörperbestrahlungsgeräte ausgelegt und mit künstlichen Strahlungsquellen betrieben. Solarienbetriebe sind Betriebe der gewerblichen Anwendung von Solarien zu kosmetischen Zwecken und zur Erzielung von biopositiven Wirkungen. Wer einen Solarienbetrieb betreibt oder betreiben will, muss die speziellen Strahlungsqualitäten, die biologische Wirksamkeit seiner Geräte, die erwünschten Folgen wie auch die Risiken ihrer Anwendung kennen, um seine Kunden verantwortungsvoll beraten und schützen zu können. Er muss hierzu bestehende Vorschriften und Empfehlungen für den Betrieb von Solarien einhalten bzw. die Einhaltung dieser Regeln durch seine Mitarbeiter sicherstellen.

Hierzu gehören die Anforderungen an die qualitativen Geräte- und Hygienestandards, die eine regelmäßige, per Zertifikat dokumentierte Überprüfung des Solarienbetriebs einschließen.

Die an die Vergabe des Zertifikats „Zertifiziertes Solarium“ gestellten Qualitätsanforderungen und die Methoden der Überprüfung sind in den Zertifizierungskriterien des RTS (Runder Tisch Solarien) festgelegt.

Für die nachfolgenden Darstellungen dienen als Grundlage die Empfehlungen der SSK („Schutz des Menschen vor den Gefahren der UV-Strahlung in Solarien“, Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, Bonn, September 2001) sowie Normen, die im Anhang 9.4 aufgelistet sind.

## 2. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

### 2.1 Grundbegriffe und Definitionen

- **Ultraviolette Strahlung als Teil der optischen Strahlung**

Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung), sichtbare Strahlung (Licht) und infrarote Strahlung können mit „optischen“ Mitteln wie Linsen, Prismen, Spiegeln, Reflektoren, Filter u.a. nach den gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten beeinflusst werden und werden daher unter dem Begriff „Optische Strahlung“ zusammengefasst. Sie gehören ihrer Natur nach zum Bereich der elektromagnetischen bzw. Photonenstrahlung, die durch ihre Wellenlänge oder durch ihre Frequenz charakterisiert ist.

Während die *optische Strahlung* den Wellenlängenbereich zwischen 100 Nanometer (nm) [1 nm = 1 Milliardstel Meter] und 1 Millimeter (mm) umfasst (Tab. 1), erstreckt sich der Gesamtbereich elektromagnetischer Strahlung von der ionisierenden Strahlung (Röntgen- und Gamma-Strahlung) mit Wellenlängen unter 100 nm über die Radiowellen bis zu den Netzspannungen mit Wellenlängen im Kilometerbereich.

- **Wellenlänge ( $\lambda$ )** Einheit: **nm**  
 Elektromagnetische Strahlung (wie z.B. UV-Strahlung) breitet sich wellenförmig mit Lichtgeschwindigkeit ( $c = 2,99793 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 300\,000 \text{ km/s}$ ) aus, und es gilt die Beziehung

$$\lambda = c / \nu, \tag{1}$$

die die Wellenlänge  $\lambda$  mit der Frequenz  $\nu$  (Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit) in Beziehung setzt. Aus Gleichung (1) ist zu ersehen, dass die Wellenlänge um so größer ist, je kleiner ihre Frequenz ist. Die Frequenz wird in der Einheit Hertz (Hz) oder ( $\text{s}^{-1}$ ) gemessen. Im Bereich der optischen Strahlung ist als Messgröße die Wellenlänge in der Einheit Nanometer (nm) üblich. 1 nm ist der millionste Teil eines Millimeters oder der milliardste Teil eines Meters ( $1 \text{ nm} = 0,000000001 \text{ m} = 10^{-9} \text{ m}$ ).

- **Energie der Strahlung (auch: Quanten oder Photonenenergie)**  
**Strahlung ist Energie.** Gemeinsames Merkmal aller Wellenlängenbereiche elektromagnetischer Strahlung ist der Energietransport. Dabei gilt: Je kleiner die Wellenlänge, desto größer ist die transportierte Energie. Ultraviolette Strahlung ist daher energiereicher als Licht, und Licht ist energiereicher als Infrarotstrahlung (vgl. Tab. 1).
- **UV-A, UV-B und UV-C**  
**Ultraviolette Strahlung** (100 nm–400 nm) ist für das menschliche Auge unsichtbar und wird infolge ihrer unterschiedlichen physiologischen und photochemische Wirkung in die Teilbereiche UV-C, UV-B und UV-A unterteilt (vgl. Tab.1).

**Tab. 1:** Spektrale Einteilung elektromagnetischer Strahlung im optischen Bereich.

Elektromagnetische Strahlung im optischen Bereich						
Ultraviolett [nm]			Sichtbare Strahlung („Licht“) <sup>1</sup> [nm]	Infrarot [nm]		
UV-C	UV-B*	UV-A		IR-A	IR-B	IR-C
100 – 280	280 – 315	315 – 400	400 – 780	780 – 1400	1400 – 3000	3000 – 10000

(\*) In den USA wird UV-B von 280 bis 320 nm angegeben.

<sup>1</sup> Bezogen auf die Augenempfindlichkeit wird „sichtbare Strahlung“ als „Licht“ oder „visuelle Strahlung (VIS)“ bezeichnet.

- **Spektrum**  
 Die wellenlängenabhängige Zusammensetzung einer Strahlung wird Spektrum oder spektrale Strahlungsverteilung genannt. Aus dem Spektrum lässt sich beispielsweise herauslesen, wie hoch der Anteil der UV-Strahlung, des Lichts oder der Infrarotstrahlung ist.
- **Strahlungsleistung (auch: Strahlungsfluss) ( $\Phi$ )** Einheit: **W**  
 Die gesamte in Form von Strahlung (auch Licht) abgegebene Leistung einer Strahlungsquelle bezeichnet man als Strahlungsleistung. Die Sonne ist eine natürliche Strahlungsquelle, die Lampen in den Solarien sind künstliche Strahlungsquellen. Die Strahlungsleistung ist unabhängig von der Lampen- und Messgeometrie und wird in [W] (Watt) angegeben.
- **Bestrahlungsstärke (E)** Einheit: **W/m<sup>2</sup>**  
 Die auf eine definierte Fläche einwirkende Strahlungsleistung (Verhältnis von Strahlungsleistung und bestrahlter Fläche) bezeichnet man als Bestrahlungsstärke. Sie wird u.a. beeinflusst von der Lampenart, vom Reflektorsystem, von der Anzahl der Lampen und vom Bestrahlungsabstand. Die Einheit ist [W/m<sup>2</sup>] (Watt pro qm) oder [mW/cm<sup>2</sup>] (Milliwatt pro qcm). Es gilt:  $10 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ mW/cm}^2$ .
- **Bestrahlung (auch: Dosis) (H)** Einheit: **J/m<sup>2</sup>**  
 Die „Strahlungsmenge“, die während der Bestrahlungsdauer die bestrahlte Fläche erreicht, wird als Bestrahlung (Dosis) bezeichnet. Sie wird aus der Bestrahlungsstärke und der Bestrahlungsdauer ( $t$ ) berechnet und in der Maßeinheit [J/m<sup>2</sup>] (Joule pro qm) angegeben, wobei  $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$  (Wattsekunde) gilt. Die Bestrahlung (Dosis) von  $1 \text{ J/m}^2$  entspricht einer Bestrahlungsstärke von  $1 \text{ W/m}^2$ , die 1 Sekunde lang einwirkt.  
 Bei konstanten Betriebsbedingungen und nach Einbrennen der Lampen kann die Bestrahlungsstärke im Solarium als zeitlich konstant angesehen werden. Für diesen speziellen Fall kann die Dosis (H) einfach aus dem Produkt zwischen Bestrahlungsstärke (E) und der Expositionsdauer ( $t$ ) bestimmt werden.  
 Hierbei gilt:

$$H = E \cdot t \tag{2}$$

(H in [J/m<sup>2</sup>], E in [W/m<sup>2</sup>] und t in [s]).

Die Beziehung (2) ist die Grundlage zur Dosierung im Solarium. Stellt man sie um, kann man auf diese Weise die Bestrahlungsdauer  $t = H / E$  ermitteln.

- **Wirksame (effektive) Strahlung**

Unter wirksamer Strahlung versteht man diejenige Strahlung, die einen Prozess oder eine Wirkung auslöst. Zum Beispiel spricht man bei der Entstehung des Sonnenbrandes von der erythemwirksamen Strahlung und bei der Hautbräunung von der pigmentierungswirksamen Strahlung.

- **Spektrale Wirkungsfunktion**

Die auch als **Aktionsspektrum** bezeichnete spektrale Wirkungsfunktion gibt den Bereich des optischen Spektrums an, durch den eine Wirkung ausgelöst wird. Die wichtigsten photobiologischen spektralen Wirkungsfunktionen sind in der Deutschen Industrienorm DIN 5031, Teil 10, angegeben.

- **Schwellenbestrahlungsdauer ( $t_s$ )**

Als Schwellenbestrahlungsdauer wird die notwendige Bestrahlungszeit bezeichnet, die eine (biologische oder chemische) Wirkung in Gang setzt. Im Fall der Bildung des UV-Hauterythems wird als erythemwirksame Schwellenbestrahlungsdauer  $t_{s,er}$  diejenige Bestrahlungszeit ermittelt, die eine gerade noch erkennbare Hautrötung hervorruft. Die Schwellenbestrahlungsdauer kann individuell unterschiedlich sein (vgl. „Hauttypen“).

- **Erythemwirksamkeit**

Der Begriff Erythemwirksamkeit bezeichnet die Fähigkeit ultravioletter Strahlung, in der Haut nach Überschreitung bestimmter Schwellenwerte wie z.B. der Erythemschwellendosis bzw. der Schwellenbestrahlungsdauer einen Sonnenbrand hervorzurufen. Auf Grund der Abhängigkeit der Erythemempfindlichkeit der Haut von Dosis und Wellenlänge (vgl. „Aktionsspektrum des UV-Hauterythems“), wird die Erythemwirksamkeit einer UV-Strahlungsquelle durch ihre Spektralverteilung und durch ihre Bestrahlungsstärke bestimmt.

- **Bräunungswirksamkeit**

Der Begriff Bräunungswirksamkeit beschreibt die Fähigkeit ultravioletter Strahlung, in der Haut nach Überschreiten der jeweiligen Schwellenbestrahlung eine Bräunung hervorzurufen. Bei der Bräunungswirksamkeit wird zwischen der indirekten Pigmentierung (Pigmentneubildung) und direkten Pigmentierung (Pigmentdunkelung) unterschieden (siehe Kap. 3.4.2.2.1); die beiden Pigmentierungsarten weisen unterschiedliche Abhängigkeiten von der Wellenlänge auf.

Beispiel für die Berechnung der erythemwirksamen Schwellenbestrahlungsdauer ( $t_{s,er}$ ):

*Problem:*

Die Vermessung eines Solariums ergibt eine erythemwirksame Bestrahlungsstärke von  $E_{er} = 0,3 \text{ W/m}^2$  (=  $0,03 \text{ mW/cm}^2$ ).

Nach welcher Schwellenbestrahlungsdauer ( $t_{s,er}$ ) wird die Erythemschwellendosis  $H_{s,er} = 250 \text{ J/m}^2$  (= Höchstdosis für den Hauttyp II) erreicht?

*Lösung:*

Aus der Gleichung  $H = E \cdot t$  folgt:

$$t = H / E$$

*Rechnung:*

$$\begin{aligned} t_{s,er} &= H_{s,er} / E_{er} = \\ &= 250 \text{ J/m}^2 / 0,3 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

*Ergebnis:*

$$t_{s,er} = 833,3 \text{ s (oder: 13,9 Minuten).}$$

- **Nutzfläche**

Als Nutzfläche bezeichnet man die zusammenhängende Fläche vor einer Strahlungsquelle oder vor einem Bestrahlungsmodul, die repräsentativ für die Exposition der bestrahlten Körperfläche ist. In einem Bestrahlungsgerät können unterschiedliche Bestrahlungsmodule gemeinsam zum Einsatz kommen und damit auch mehrere Nutzflächen gegeben sein.

- **Absorption**

Als Absorption wird die Aufnahme von Strahlung durch stoffliche Materie und ihre Umwandlung in andere Energieformen bezeichnet. Beispielsweise absorbieren Filter bestimmte Strahlungsanteile und wandeln diese in Wärme um. Es können aber auch photochemische und -biologische Prozesse eingeleitet werden (z.B. Stoffänderungen).

- **Reflexion und Remission**

Trifft Strahlung auf stoffliche Materie, so kann sie je nach Einfallswinkel der Strahlung und je nach Materialbeschaffenheit von der Oberfläche total (spiegelnd) oder diffus (gestreut) zurückgeworfen werden (Reflexion). In Materie eingedrungene Strahlung kann dort an Zellbausteinen gestreut werden und zum Teil wieder austreten (Remission).

Die Aufgabe von Reflektoren ist die Bündelung und Lenkung von Strahlung durch Reflexion.

- **Transmission und Durchlässigkeit**

Als Transmission wird das Durchdringen stofflicher Materie durch Strahlung bezeichnet. Sie hängt in ihrem Ausmaß von der als spektrale Transparenz bezeichneten Durchlässigkeit des Stoffes für die Strahlung ab. Die in Solarien häufig verwendeten Acrylglasscheiben weisen z.B. für UV-Strahlung eine hohe Transparenz auf. Daher ist die Transmission der UV-Strahlung durch Acrylglasscheiben groß.

## 2.2 Solare und künstliche UV-Strahlung

Quellen ultravioletter Strahlung mit biologischer Bedeutung sind die solare UV-Strahlung als Teil der Sonnenstrahlung sowie Bestrahlungsgeräte am Arbeitsplatz, in der UV-Therapie und im Solarienbetrieb. Zur Beurteilung der Gesamtexposition der Haut müssen alle diese Quellen ultravioletter Strahlung berücksichtigt werden. Im Allgemeinen unterscheiden sich die Strahlungsquellen jedoch erheblich in der spektralen, geometrischen und zeitlichen Verteilung der Bestrahlungsstärke, so dass die biologischen Wirksamkeiten völlig unterschiedlich ausfallen können.

### 2.2.1 Sonnenstrahlung

Die die Erdoberfläche erreichende Strahlung der Sonne enthält nicht nur den Spektralbereich der sichtbaren Strahlung (Licht), sondern auch biologisch hochwirksame Beiträge aus den Bereichen Ultraviolett und Infrarot. Die Sonnenstrahlung wird auf ihrem Weg durch die Atmosphäre durch Absorption, Remission und Streuung an den Luftmolekülen und an den in der Atmosphäre enthaltenen Beimengungen (Aerosole, Wasserdampf und -tröpfchen, Eiskristalle und Partikel) geschwächt und teilt sich in einen direkten (direkte Strahlung) und einen indirekten Anteil (Streustrahlung).

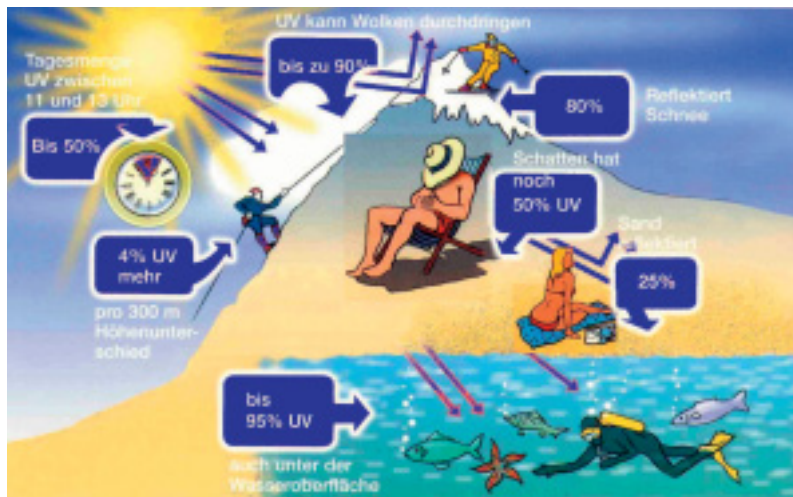


Abb. 1: UV-Strahlung der Sonne und Einflussfaktoren, abhängig vom Sonnenstand und Aufenthaltsort

Der Erdatmosphäre und insbesondere der Ozonschicht ist es zu verdanken, dass kurzwellige Strahlung mit Wellenlängen unter 290 nm (UV-C und kurzwelliges UV-B) aus dem Spektrum der Sonnenstrahlung herausgefiltert werden. Die Zusammensetzung und Intensität der Sonnenstrahlung ändert sich in Abhängigkeit von der Tages- und Jahreszeit, der geografischen Breite, der Höhe über dem Meeresspiegel und der atmosphärischen Transparenz, die durch die Ozonkonzentration, den Dunst- und Bewölkungszustand des Himmels durch den Aerosolgehalt in der durchstrahlten Luftsäule bestimmt wird (Abb. 1). In Meeresspiegelhöhe ergeben sich bei senkrecht über der Erdoberfläche stehender Sonne (Äquator am Mittag) Werte der solaren Bestrahlungsstärke zwischen 800 und 1200 W/m<sup>2</sup>, die etwa 59–83 % der Strahlung außerhalb der Erdatmosphäre (1350 W/m<sup>2</sup>) entsprechen. Hiervon entfallen etwa 0,4 % auf den Teilbereich UV-B, etwa 5,6 % auf den Teilbereich UV-A, etwa 50,9 % auf den Bereich sichtbarer Strahlung (Licht) und etwa 43,1 % auf den Bereich infraroter Strahlung.

Auf Grund der großen Variabilität der die Erdoberfläche erreichenden Solarstrahlung hat man in der Deutschen Industrienorm DIN 67501 (1999) zu Vergleichszwecken eine standardisierte Spektralverteilung im UV-Bereich definiert. Diese als „Referenzsonne“ bezeichnete spektrale UV-Bestrahlungsstärke der Solarstrahlung stellt den an der Erdoberfläche bei Sonnenhöchststand (90°) in den Tropen annähernd zu erwartenden Maximalwert der ultravioletten Sonneneinstrahlung dar, dem auch ein Maximum an biologischer Wirksamkeit zukommt.

In den gemäßigten Breiten besitzt die UV-Einstrahlung der Sonne eine geringere biologische Wirksamkeit als am Äquator. Dies hat zwei Gründe: Einerseits sind die erreichbaren Mittagssonnenhöhen wesentlich kleiner. In Deutschland erreicht die Sonne beispielsweise zur Zeit der Sommersonnenwende mit etwa 60° ihren Höchststand. Andererseits liegt in diesen Breiten in der

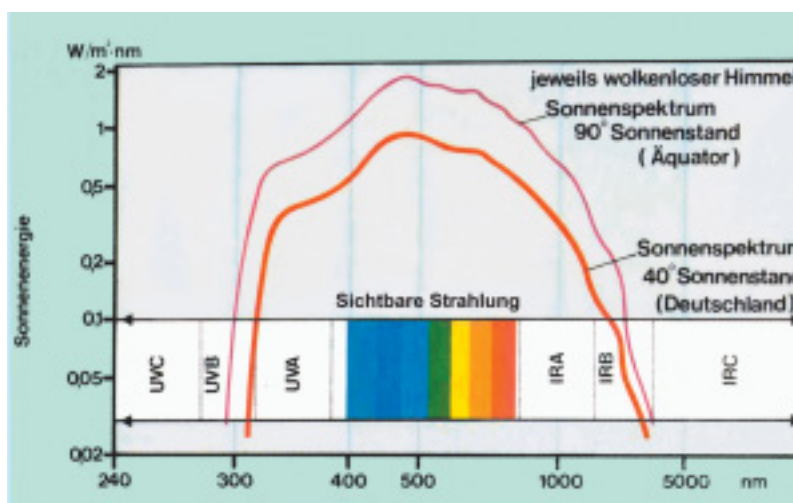


Abb. 2: Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche (schematisch)

Atmosphäre eine höhere Ozonkonzentration vor als in den Tropen, wodurch gerade die biologisch hochwirksame kurzwellige UV-Strahlung durch Absorption stark abgeschwächt wird. So erreichen in unseren Breiten während der Wintermonate nur vergleichsweise wenig UV-Strahlen die Erdoberfläche, weil die Sonne flach einstrahlt und viele Schichten durchdringen muss. Hierdurch wird viel kurzwellige Strahlung absorbiert: UV-B praktisch vollständig und UV-A etwas. Lediglich im Hochgebirge sind durch die Höhenzunahme der Strahlungsintensität und durch ihre Reflexion an Schnee Werte der solaren UV-Einstrahlung möglich, die der biologischen Wirksamkeit der Referenzsonne nahe kommen können.

#### **Merksätze**

- *Die die Erdatmosphäre durchdringende Sonnenstrahlung setzt sich aus einer direkten und aus einer indirekten Komponente (Streuung) zusammen!*
- *Die Ozonschicht filtert UV-Strahlung mit Wellenlängen unter 290 nm (UV-C und kurzwelliges UV-B) heraus, so dass sie nicht die Erdoberfläche erreicht!*
- *Der UV-Anteil der Sonnenstrahlung beträgt bei senkrecht über der Erdoberfläche stehender Sonne etwa 6 %!*
- *Der maximale Betrag der Gesamtbestrahlungsstärke der Sonne liegt in Meeresspiegelhöhe am Äquator bei ca. 1200 W/m<sup>2</sup>!*

### **2.2.2 Künstliche UV-Strahlungsquellen (Lampen und Strahler)**

Die spektralen Verteilungen künstlicher UV-Strahlungsquellen hängen von der Art der Erzeugung, vom Lampentyp und von den Betriebsbedingungen ab und können neben sichtbarer und infraroter Strahlung den gesamten Spektralbereich ultravioletter Strahlung umfassen. Im Gegensatz zur Sonnenstrahlung, die einer periodischen tageszeitlichen Änderung in Spektrum und Bestrahlungsstärke sowie zeitlichen Schwankungen durch Änderungen der Transparenz der Erdatmosphäre unterliegt, können künstliche Strahlungsquellen – z.B. in Solarien – nach erfolgter Einbrenndauer und bei konstanten Betriebsbedingungen im Verlauf der Exposition meist als zeitlich konstant angesehen werden. Ihre Spektren können durch Filter und Reflektoren verändert und ggf. auf die Anwendung optimiert werden.

## **2.3 Messung der UV-Strahlung**

Zur exakten Erfassung von UV-Strahlungsgrößen, wie z.B. die Bestimmung der spektralen Verteilung und ihrer Bestrahlungsstärke, sind aufwendige Messapparaturen (Spektralradiometer) erforderlich. Mit ihrer Hilfe können mögliche Änderungen im Spektrum der Geräte genau erfasst und damit z.B. Strahlungsunfälle vermieden werden. Darüber hinaus gestatten spektralradiometrisch gestützte Messungen die Bestimmung von Schwellenbestrahlungszeiten als Grundlage zur Dosierung sowie zur Klassifizierung der Geräte. Die Bautypenabnahme von Solarien beim Hersteller im Rahmen der CE-Zertifizierung stützt sich daher auf die spektralradiometrische Vermessung der Geräte.

Allerdings sind diese Messungen nicht nur zeitaufwendig, sondern wegen des notwendigen technischen Aufwandes recht kostspielig, weshalb sie für die tägliche Routine (z.B. im Solarienbetrieb) nicht infrage kommen. Hierfür bieten sogenannte Breitband-UV-Meter eine Alternative, die von mehreren Herstellern angeboten werden und wahlweise für einen oder für mehrere Teilbereiche des UV-Spektrums ausgerüstet sind. Da die spektrale Empfindlichkeit dieser Geräte jedoch nur unzureichend an die verschiedenen Spektren der in Solarien eingesetzten Strahlungsquellen angepasst ist, eignen sich Breitband-UV-Meter nur für eine relative Messung der Bestrahlungsstärke. Dies hat zur Folge, dass in der Regel vergleichende Messungen von Bestrahlungsgeräten mit unterschiedlichen UV-Strahlungsquellen nicht möglich sind.

Allerdings lassen sich mit Hilfe von Breitband-UV-Meter Unterschiede in der Bestrahlungsstärke nachweisen, die jeweils an ein und demselben Gerät unter völlig gleichen Messbedingungen gemessen wurden, so dass das Alterungsverhalten (Abnahme der Bestrahlungsstärke mit zunehmender Betriebsdauer) gut verfolgt werden kann.

Ein Leistungsverlust kann mit einer entsprechenden Verlängerung der Bestrahlungszeit kompensiert werden.

#### **Merksätze**

- *Exakte UV-Messungen erfordern den Einsatz von Spektralradiometern und sind die Grundlage für die CE-Zertifizierung der Solarien (Bautypenabnahme beim Hersteller) sowie für die Bestimmung von Schwellenbestrahlungszeiten als Grundlage der Dosierung!*
- *Mit Breitband-UV-Metern kann der Leistungsverlust von Lampen kontrolliert werden!*



# 3. WIRKUNGEN DER UV-STRAHLUNG AUF DEN MENSCHEN

## 3.1 Empfangsorgane für UV-Strahlung

Empfangsorgane der UV-Strahlung sind die Haut und die Augen. Sowohl in der Haut als auch in den Augen sind unterschiedliche Zellen mit verschiedenen Aufgaben in mehreren Schichten und unterschiedlichen Zellverbänden angeordnet.

### 3.1.1 Die Zelle

Die Zelle ist ein wesentlicher Bestandteil unseres Körpers. Sie stellt die kleinste Einheit des Lebens dar.

Trotz ihrer kleinen Abmessungen (0,07 bis 0,2 mm) ist jede der vielen Milliarden Zellen des menschlichen Körpers eine funktionale, sehr leistungsfähige Einheit. Sie enthält zahlreiche Makromoleküle, u.a. Proteine, Lipide (Fette) und Nukleinsäuren (Träger des Erbgutes), die bestimmte Wellenlängen der UV-Strahlung absorbieren können. In der Zelle befindet sich der Zellkern, in dem die Bau- und Funktionspläne des gesamten Organismus in einem zwei Nanometer dicken und mehreren Meter langen Fadenmolekül (DNS = Desoxyribonukleinsäure) gespeichert sind. Die DNS enthält Gene, deren Information den Aufbau und die Funktion der Zelle kontrollieren.

Zellen können sich vermehren, indem sie ihre Erbinformationen (DNS) verdoppeln und sich dann in zwei Tochterzellen teilen. Dies geschieht in der Regel nur bei Bedarf, so zum Beispiel bei Wachstum und Wundheilung.

Jede Zelle erfüllt eine bestimmte Aufgabe im Zellverband des jeweiligen Organs. Wird der feine Zellmechanismus gestört, beschädigt oder falsch gesteuert, kann die Zelle ihre organgemäße Funktion nicht mehr erfüllen. Normalerweise kann ein möglicher Schaden an der DNS durch zelleigene Reparaturmechanismen wieder behoben werden. Schwere Schäden können zum Zelltod einzelner Zellen führen, die in der Regel jedoch durch neu gebildete Zellen ersetzt werden. Kommt es aber zu einem Massenzelltod, kann ein ganzes Organ oder Teile davon betroffen sein, wie zum Beispiel im Falle eines Herzinfarktes.

Gefährlich wird es für den Körper, wenn eine Zelle – vielleicht infolge mangelhafter Reparatur – entartet, ihre bestimmungsgemäße Funktion verliert und sich fortwährend teilt. Gelingt es dem Immunsystem nicht, die so beginnende Wucherung aufzuhalten, kann die Zellentartung zur Krebserkrankung führen.

### 3.1.2 Die Haut (Cutis)

Die Haut als größtes Organ des Menschen umfasst nahezu zwei Quadratmeter Fläche mit zirka zehn Kilogramm Gewicht. Sie schützt gegen Umwelteinflüsse, z.B. mechanische, chemische und physikalische Einwirkungen (wie Schlag, Druck oder Strahlungseinflüsse). Darüber hinaus reguliert sie den Flüssigkeits- und Temperaturhaushalt und erfüllt Funktionen als Sinnes-, Ausscheidungs- und Aufnahmeorgan (Tab. 2).

Sie besteht aus unterschiedlichen Arten von Zellen und setzt sich aus verschiedenen Schichten zusammen (Abb. 3).

**Tab. 2:** Die wichtigsten Funktionen der Haut

<b>Funktion:</b>	<b>Vorwiegend erfüllt durch:</b>
<b>Schutzfunktion</b> Schutz gegen mechanische Einwirkungen Schutz gegen chemische Einwirkungen Schutz gegen physikalische Einflüsse Energie allgemein Infrarot (Wärme) Ultraviolett Schutz gegen Austrocknung Schutz gegen Infektionen	Oberhaut, Lederhaut, Unterhaut, Hautsinnreflexe Säuremantel, Hornmaterial  Alle Hautschichten Unterhautzellgewebe Pigment (Melanin), Lichtschwiele, Urocaninsäure Barrierezone, Keratin, dicht gepackte Schichten Durch Vorhandensein hauteigener Mikroben, Immunsystem der Haut
<b>Regulationsfunktion</b> Schutz vor Unterkühlung Schutz vor Überwärmung	Gefäßregulation, Fettpolster Verdunstung von Schweiß, Gefäßregulation
<b>Sinnesorgan</b> (über Reflexe Schutz vor Verbrennungen und mechanischen Schädigungen)	Tastsinn, Schmerzsin, Temperatursinn
<b>Ausscheidungsfunktion</b> (bedeutend nur bei gestörter Nierenfunktion)	Regulation des Wasserhaushaltes durch Schweiß-Sekretion, Harnpflichtige Substanzen im Schweiß
<b>Funktion der inneren Sekretion</b>	Abgabe des durch UV-B gebildeten Vitamin D Initiative zur Bildung von Antikörpern
<b>Funktion der äußeren Erscheinung</b>	Pigmentierung, Relief, Durchblutung, Eigenfarbe, Spannung (Turgor)

Die **Unterhaut** (Subcutis) besteht aus lockerem Bindegewebe mit mehr oder weniger zahlreich eingelagerten Fettzellen. Das Unterhautzellgewebe dient als Wärmeschutz, als mechanische Polsterung sowie als Speicher für Nährstoffe und Wasser. Durch Kältereize wird die Ausbildung des Fettpolsters in den unteren Hautschichten gefördert.

Die **Lederhaut** (Corium) besteht vor allem aus Bindegewebe, in dem sich elastische und kollagene Fasern finden. Die kollagenen Fasern machen etwa 98 % des Bindegewebes aus. Die Lederhaut vermag in wechselndem Ausmaß Wasser aufzunehmen und trägt wesentlich zum gesunden jugendlichen Aussehen bei. Alterungsprozesse betreffen das Bindegewebe z.B. durch Verlust der Elastizität bei Zugrundegehen der elastischen Fasern.

Die Lederhaut wird von Blutgefäßen und Nerven erreicht. Muskelfasern sind in ihr eingebettet. Bei der Absorption von Strahlung im Hautgewebe entsteht Wärme, wodurch es infolge der Erweiterung der Blutgefäße zu einer Erhöhung der Durchblutung kommt. Über das oberflächliche Gefäßnetzwerk wird die Oberhaut mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt. Die zahlreichen Nerven im Hautbindegewebe vermitteln Empfindungen wie Berührung, Druck, Kälte, Hitze, Schmerz und Juckreiz. Muskelfasern im Hautbindegewebe des Gesichts- und Halsbereiches ermöglichen das Mienen-spiel, da das Zusammenziehen der Muskeln zu Verziehungen der Haut führt. Die glatte Muskulatur der Lederhaut gehört hingegen zum Haar-Talgdrüsen-Apparat. Bei einem Kältereiz ziehen sich z.B. die glatten Hautmuskeln zusammen und richten dadurch die Haare der Haut auf („Gänsehaut“).

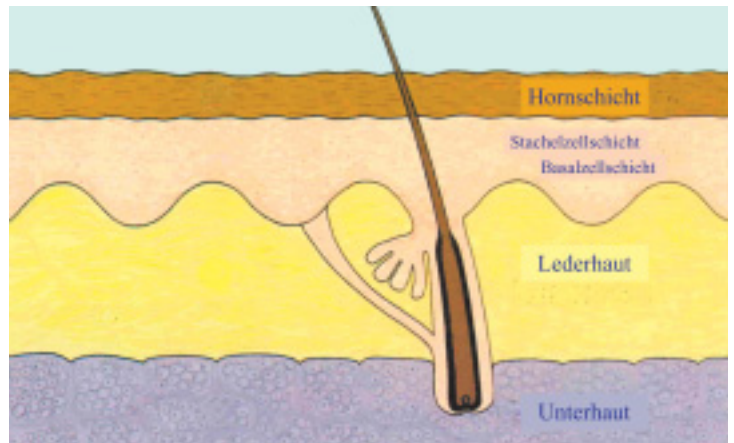


Abb. 3: Schematischer Aufbau der Haut

Die **Oberhaut** (Epidermis) gliedert sich grob in Keimschicht und Hornschicht. Die Hornschicht besteht aus lockeren, ständig abschilfernden Hautpartikeln. Die Keimschicht beinhaltet u. a. die Basalzellschicht, von der die Zellerneuerung ausgeht. Die Zellen, die die Epidermis aufbauen, werden als Keratinozyten bezeichnet. In der Basalzellschicht befinden sich u.a. die Melanozyten, Zellen, in denen das Hautpigment Melanin gebildet wird (siehe Kapitel 3.3.5).

In der Keimschicht vermehren sich die Zellen regelmäßig durch Teilung. Langsam schieben sie sich nach außen und bilden die Stachelzellschicht. In der Folge verlieren sie ihren Zellkern, verhornen und gehen in die Hornschicht über. Dort schuppen sich die Zellen schließlich unmerklich ab. Auf diese Weise erneuert sich die gesamte Hornschicht etwa alle dreißig Tage. Mit der Abschuppung der Hornzellen scheidet die Haut einen großen Teil ihrer Stoffwechselrückstände aus. Andere Stoffwechselrückstände wie Harnstoff, Milchsäure und vor allem Wasser werden durch die Schweißdrüsen ausgeschieden.

Die sogenannte Barrierezone liegt zwischen der Hornschicht und der Verhornungszone, d.h. zwischen den bereits verhornten „toten“ Zellen und den in der Verhornung begriffenen noch „lebenden“ Zellen. Die Barriere erfüllt vornehmlich zwei Aufgaben: Schutz des Körperinneren vor Feuchtigkeitsverlust und Schutz des Organismus gegen das Eindringen von Fremdstoffen. Viele Salben oder Cremes, die auf die Haut aufgetragen werden, bleiben deshalb ohne Wirkung, weil die enthaltenen Wirkstoffe diese Barriere nicht durchdringen können.

### 3.1.3 Die Augen

Die Augen bestehen ähnlich wie die Haut aus optisch unterschiedlichen Schichten. Nach außen hin werden sie durch die Hornschicht abgeschlossen, an die sich die vordere Augenkammer, die Augenlinse, der Glaskörper und schließlich die Netzhaut anschließen, auf der die Abbildung erfolgt (Abb. 5).

Der als Licht bezeichnete Bereich der optischen Strahlung wird von den in der Netzhaut enthaltenen Photorezeptoren oder Sehzellen (Zapfen für Farbempfindungen und Stäbchen für Helligkeitsempfindungen) aufgenommen und als elektrisches Signal an das Gehirn

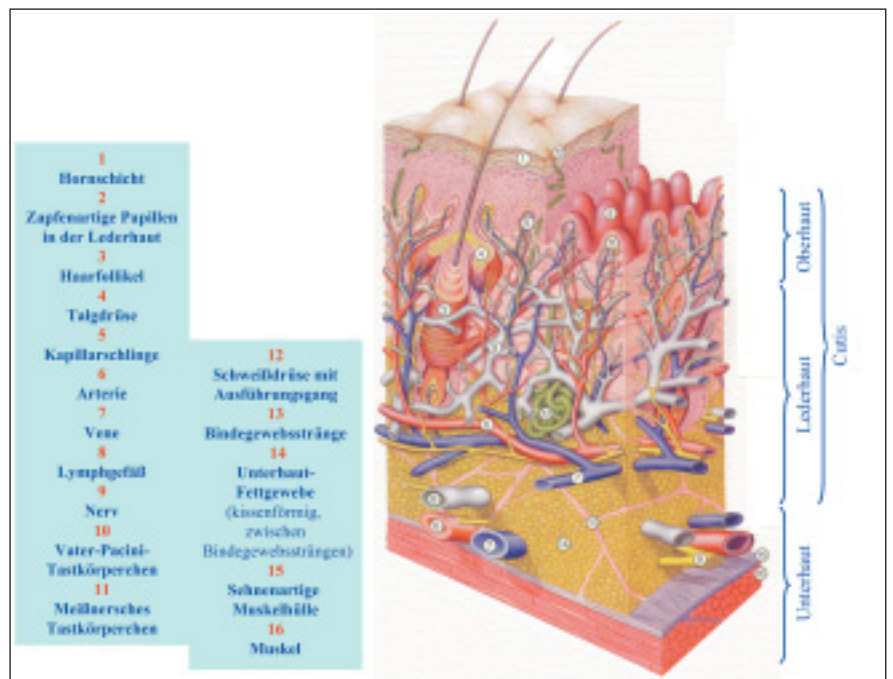


Abb. 4: Schematischer Querschnitt durch die Haut

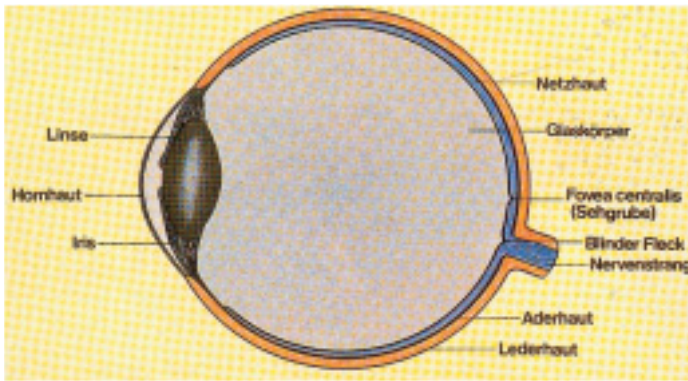


Abb. 5: Schematischer Aufbau des Auges

weitergegeben. Das vom Auge aufgenommene Licht stimuliert das Zwischenhirn, wo vielfältige Reaktionen ausgelöst werden. So beeinflussen Intensität und spektrale Zusammensetzung des Lichtes die Tages- und Jahresrhythmik des Organismus, den Wachpegel, die Bewusstseinsheitigkeit sowie das vegetative Nervensystem.

Dabei spielen die unterschiedlichen Farben des Tageslichtspektrums sehr verschiedene Rollen. So wirkt blau hemmend und dämpfend, während orange oder rot aktiviert und aufreizt. Grün hat eine ausgleichende Wirkung, ebenso das ausgewogene Gesamtspektrum des Sonnenlichtes.

Von der auf das Auge treffenden UV-Strahlung durchdringen die Anteile aus dem Bereich UV-B bis zu etwa 55 % und die Anteile aus dem Bereich UV-A bis zu etwa 66 % die Augenhornhaut und gelangen in das Augeninnere. Dort werden sie vor allem von der

Augenlinse aufgenommen (absorbiert), so dass nur noch ein Anteil zwischen etwa 1–2 % langwelliger UV-Strahlung die Netzhaut erreichen und bei den im Solarium zugelassenen Bestrahlungsstärken als vernachlässigbar angesehen werden kann. Gegen Blendwirkungen schützt sich das Auge durch Zusammenziehen der Iris und durch den Lidschlussreflex. Allerdings reagiert dieses Schutzsystems nicht auf UV-Strahlung, sondern ausschließlich auf sichtbares Licht.

### 3.1.4 Das oberflächliche Gefäßsystem

Als weiteres Empfangsorgan für längerwellige UV-Strahlung sind die in der Lederhaut eingebetteten Blutgefäße zu nennen. Bei der Absorption von Strahlung im Hautgewebe entsteht Wärme, wodurch es infolge der Erweiterung der Blutgefäße zu einer Erhöhung der Durchblutung kommt. UV-Strahlen können aber auch direkt mit bestimmten Blutbestandteilen in Wechselwirkung treten und somit verschiedene allgemeine (=„systemische“) Wirkungen auslösen.

## 3.2 Eindringen der UV-Strahlung in die Haut

Wenn UV-Strahlung auf die Haut trifft, so wird ein geringer Anteil an der Oberfläche reflektiert. Der überwiegende Anteil dringt in das Gewebe ein, wird durch Streuung an den Molekülen in geringem Umfang diffus zurückgeworfen (remittiert) und verlässt den Körper wieder. Der weitaus größere, im Gewebe verbleibende Anteil der eingedrungenen Strahlung wird von den Zellen direkt oder nach zahlreichen Streuungen absorbiert.

Die photobiologischen Wirkungen der ultravioletten Strahlen werden dem menschlichen Organismus hauptsächlich über die Haut vermittelt. Hierzu muss die Strahlung erst einmal die oberen Hautschichten durchdringen, ehe sie in die tiefer gelegenen Gewebe gelangen. Die Oberhaut lässt aber nicht alle Wellenlängen gleichermaßen passieren, das Ausmaß von Absorptions- und Reflexionsvorgän-

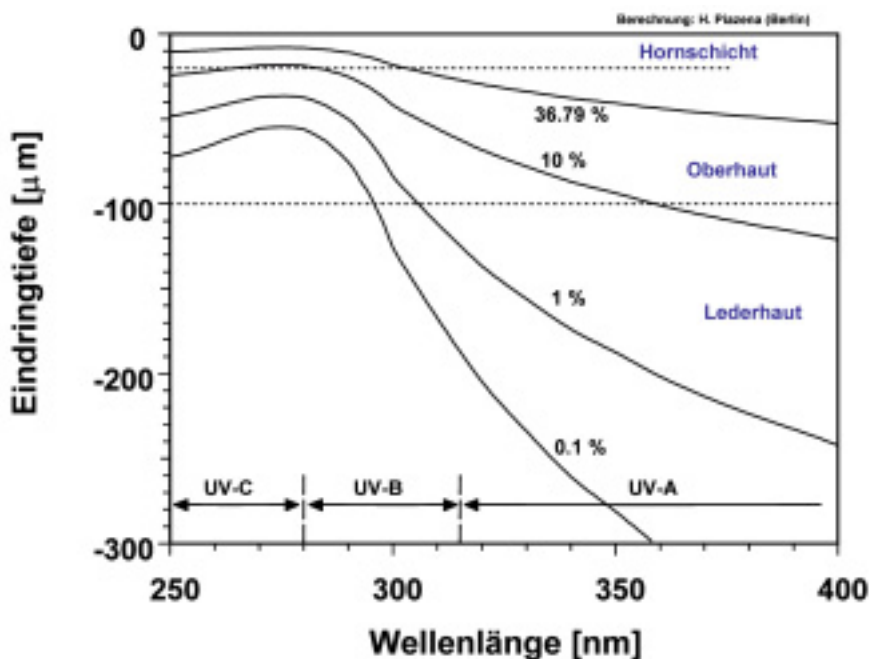


Abb. 6: Eindringtiefe optischer Strahlung in die Haut



gen auf der Hautoberfläche ist wellenlängenabhängig. Die **Eindringtiefe** der optischen Strahlung ist im kurzwelligen infraroten Bereich (IRA) am größten und nimmt sowohl zu kürzeren als auch zu längeren Wellenlängen hin stark ab (Abb. 6). Daher wird UV-B zum größten Teil von der Oberhaut aufgenommen (absorbiert), während UV-A noch zu über 50 % in das tiefer liegende Bindegewebe vordringt.

Wenn die UV-Strahlen bestimmter Wellenlängen schließlich die Zelle erreicht haben, müssen sie zur **Absorption** (Aufnahme) geeignete Zellbestandteile finden, damit eine photobiologische Reaktion ausgelöst wird.

#### **Merksätze**

- *Die Erbinformation ist in der DNS jeder Zelle gespeichert!*
- *Bei der Zellteilung werden die Erbinformationen an die Tochterzellen weitergegeben!*
- *Die Haut besteht aus Oberhaut, Lederhaut und Unterhaut!*
- *Die Hautoberfläche erneuert sich etwa im Monatsrhythmus!*
- *UV-Strahlung wird vor allem in der Oberhaut absorbiert, wirkt abgeschwächt aber auch in der Lederhaut!*
- *Damit eine Wirkung ausgelöst wird, muss die Strahlung in die Haut eindringen und absorbiert werden!*

### **3.3 Molekulare und zelluläre Wirkungen**

#### **3.3.1 DNS-Schäden**

Biologische Moleküle wie z.B. die Desoxyribonukleinsäure (DNS) sind in der Lage, die Energie ultravioletter Strahlung aufzunehmen (zu absorbieren). Hierdurch werden molekulare Veränderungen an den Bausteinen der DNS oder der Struktur des DNS-Moleküls hervorgerufen, die Grundlage für Schäden an der Erbinformation der Zelle (sogenannte Photoprodukte) sind.

Diese DNS-Schäden werden in der Haut bei jeder UV-Exposition, sowohl bei Anwendung kurzwelliger (UV-C und UV-B) als auch langwelliger UV-Strahlung (UV-A) induziert. Allerdings sorgen zelluläre *DNS-Reparatursysteme* in den meisten Fällen für die Korrektur der UV-induzierten Schäden.

**Aber: Die Reparatursysteme können Fehler machen, insbesondere können sie bei zu häufiger oder zu starker Beanspruchung überlastet werden!** Die Folge sind fehlerhafte oder unvollständig ausgeführte Reparaturen, die zu Veränderungen (Mutationen) der Erbinformation und nachfolgend zu dauerhaften Schäden der Zelle führen und zu ihrer Entartung sowie zur Hautkrebsentstehung beitragen können (siehe hierzu Grundsätze zur UV-Dosierung, Kap. 5.2).

#### **3.3.2 Wirkungen auf Zellbausteine sowie Apoptose**

UV-Strahlung wirkt aber auch auf weitere Zellbausteine wie Proteine (Eiweißmoleküle), Lipide (Bestandteile der Zellwand) und die Zellmembran (Zellwand) ein. Als Folge der chemischen Veränderungen in diesen Zellbausteinen kann die Regulation verschiedener zellulärer Prozesse gestört werden. Im Fall von Bindegewebszellen (Fibroblasten) kommt es zu einem vermehrten Abbau des Proteins Kollagen, so dass die Bindegewebsfasern (Kollagenfasern) der Haut schneller abgebaut werden. Dies führt zu der bekannten vorzeitigen Hautalterung mit Hautverdünnung und Faltenbildung. Darüber hinaus können die Struktur der Zellmembran verändert (geschädigt), Proteine inaktiviert oder deren Funktion beeinträchtigt werden.

Unter bestimmten Umständen, wie z. B. der Anreicherung von UV-Schäden in den Zellen, kann es für den Organismus von Vorteil sein, diese Zellen aus dem Gewebe durch Zellabtötung zu entfernen. Dieser programmierte Zelltod (Apoptose) kann durch UV-Strahlung in einer komplizierten Abfolge zellulärer Prozesse ausgelöst werden. Während der Apoptose wird die DNS zunächst isoliert und als Apoptose-Körperchen vom Gewebe rückstandfrei entsorgt. Höhere UV-Strahlungsdosen führen in den Keratinozyten der Haut zum Auftreten apoptotischer Zellen, den sog. „sunburn cells“, die dann vom Organismus aus dem Gewebe entfernt werden können. Treten allerdings durch die Einwirkung von UV-Strahlung Mutationen in bestimmten Genen auf, so kann die regulatorische Funktion der Apoptose ausbleiben. Dadurch können solche geschädigten Zellen beim Vorliegen weiterer Mutationen zu unkontrolliertem Zellwachstum angeregt werden und den Beginn einer Hautkrebsentstehung bedeuten.

### **3.4 Lokale und systemische Wirkungen über die Haut**

#### **3.4.1 Positive Wirkungen**

##### **3.4.1.1 Vitamin D<sub>3</sub>-Synthese**

Durch bereits geringe Dosen an UV-B-Strahlung wird die Synthese des Prävitamin D in der Epidermis ausgelöst, dann kommt es über mehrere chemische Reaktionen in der Leber und Niere schließlich zur Bildung der Wirkformen des Vitamin D<sub>3</sub>.

Vitamin D<sub>3</sub> beteiligt sich maßgeblich an der Regulierung lebenswichtiger Stoffwechselprozesse und wirkt unter anderem regulierend auf:

- den Kalzium- und Phosphathaushalt
- das Immunsystem

- das endokrine System
- das Nervensystem
- die Epidermis
- die Muskulatur
- das Zellwachstum.

Die Vitamin D<sub>3</sub>-Synthese stellt somit eine wichtige positive Wirkung der UV-Strahlung dar, wobei der kurzwellige Anteil der Sonnenstrahlung die wichtigste Vitamin D-Quelle bildet. So liegen in unseren Breiten am Ende der sonnenarmen Wintermonate selbst bei gesunden Menschen die Vitamin D<sub>3</sub>-Spiegel deutlich niedriger als nach den Sommermonaten. Die regulatorische Wirkung des Vitamin D<sub>3</sub> steht in engem Zusammenhang mit der Vorbeugung der Rachitis und der Osteoporose. Bei einem Vitamin D<sub>3</sub>-Mangel wird der Knochenabbau (Knochenresorption) verstärkt, da die hemmende Wirkung auf das hierfür verantwortliche Parathormon ausbleibt. Darüber hinaus gibt es Hinweise auf den Zusammenhang zwischen einem Mangel an Vitamin D<sub>3</sub> und der Entstehung des Darm-, Brust- und Prostatakrebses sowie des malignen Melanoms.

Für die UV-B-abhängige Synthese von Prävitamin-D sind bereits Hautbestrahlungen in geringer Dosierung unterhalb der Erythemschwellendosis ausreichend. Die UV-B-vermittelte Vitamin D-Bildung verfügt über einen Rückkopplungsmechanismus, wodurch verhindert wird, dass es zu einer Überdosierung an Vitamin D (Hypervitaminose) kommt. Überschüssiges Vitamin D kann im Fettgewebe gespeichert werden und im Falle einer nachfolgenden Minderversorgung wieder abgerufen werden. Dieser Mechanismus ist allerdings bei der Vitamin D-Tabletteneinnahme nicht vorhanden.

### **Merksätze**

- *Die Vitamin D-Bildung in der Haut ist eine wichtige Positivwirkung der Solarstrahlung!*
- *Bestrahlungsgeräte können nur zur Vitamin D<sub>3</sub>-Photosynthese beitragen, wenn sie Strahlung im UV-B-Bereich aussenden!*
- *In unseren Breiten genügen kürzere, tägliche Aufenthalte im Freien im Sommer für eine ausreichende UV-Dosis zur Auslösung der Vitamin D-Synthese!*

### **3.4.1.2 Leistungs- und Kreislaufparameter**

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass UV-Bestrahlungen der Haut zu Verbesserungen von physischen Leistungs- und Kreislaufparametern beitragen können. Hierzu gehören u.a.:

- die Erhöhung der Sauerstoffaufnahme-fähigkeit der roten Blutkörperchen
- die Verminderung des Ruhe- und Belastungspulses
- eine Umstellung der vegetativen Kreislaufregulation
- eine Blutdrucksenkung
- die Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes.

## **3.4.2 Akute Wirkungen**

### **3.4.2.1 Der Sonnenbrand (Erythembildung)**

Erstes Warnzeichen einer Akutwirkung in Folge einer zu hohen UV-Exposition ist der Sonnenbrand der Haut (*Deratitis solaris*), der durch Hautrötung sichtbar ist. Diese Rötung ist auf eine gefäßweitstellende, mit der Erhöhung der Hautdurchblutung verbundene, entzündliche Reaktion des Organismus zurückzuführen. Abhängig von der vorausgegangenen Dosis kann das UV-Hauterythem mehrere Schweregrade aufweisen, die vom leichten Sonnenbrand bis hin zu schwersten Verbrennungen reichen. Im Gegensatz zu einer durch Wärme bedingten sofortigen Hautrötung tritt das UV-Hauterythem erst einige Stunden nach Überschreitung der Schwellendosis auf. Symptome des UV-Hauterythems können neben der Hautrötung auch Hautschwellungen, Juckreiz oder auch Schmerz sein. Das Erythem erreicht nach 6 bis 24 Stunden seine größte Ausprägung und klingt danach über einige Tage hinweg ab.

Die Wirksamkeit ultravioletter Strahlung zur Erythembildung ist im UV-B-Bereich bei der Wellenlänge 297 nm am größten und verringert sich zur UV-A-Grenze hin um etwa vier Größenordnungen. Daher erzeugt die längerwellige UV-A-Strahlung nur dann eine Hautrötung, wenn sie in sehr hohen Dosen angewendet wird oder wenn die Wirkung photosensibilisierender Substanzen hinzukommt. Unter der Wirkung von Photosensibilisatoren kann der Entzündungsprozess erheblich langsamer ablaufen, so dass die Erythembildung erst 3 bis 5 Tage nach der Bestrahlung sichtbar ist.

Das Maß der aktuellen Erythemempfindlichkeit ist die *Erythemschwellendosis*. Sie definiert genau die Dosis der UV-Strahlung, die 24 Stunden nach der Exposition auf der Haut eine sich gegenüber der unbestrahlten Umgebung gerade abhebende Rötung hinterlässt. Die Erythemempfindlichkeit ist bei vollständig UV-entwöhnter (als „unvorbestrahlt“ bezeichneter) Haut gewöhnlich am größten. Die Erythemschwellendosis nimmt in diesem Fall ihren kleinsten Wert an und wird als *Minimale Erythemdosis* (MED) bezeichnet (s. Kap. 3.5). Nach Ausbildung des UV-Eigenschutzes der Haut kann die aktuelle Erythemschwellendosis im Vergleich zur MED größere Werte annehmen.

Die Erythemempfindlichkeit der Haut ist nicht an allen Körperteilen gleich. Sie ändert sich mit der Jahreszeit und hängt von zahlreichen Faktoren wie Hauttyp, Alter und Gesundheitszustand ab. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass Frauen während der Schwangerschaft ab etwa dem dritten Monat eine erhöhte UV-Empfindlichkeit der Haut besitzen. Die Erythemempfindlichkeit der Haut ist daher eine individuell stark schwankende und jahres- und lebenszeitlich veränderliche Größe, die meist durch Einschätzung des Hauttyps anhand eines speziellen Kriterienkatalogs mit ausreichender Genauigkeit abgeschätzt werden kann. Ist dagegen die exakte Bestimmung der aktuellen UV-Hautempfindlichkeit erforderlich, so muss eine Testbestrahlung vorgenommen werden.

Akute UV-Schäden gehen einher mit der Freisetzung von entzündlichen und gefäßerweiternden Stoffen (Mediatoren wie z.B. Histamin und Serotonin).

Stärkere Sonnenbrände – insbesondere wenn sie großflächig und/oder unter Blasenbildung auftreten – können die medizinischen Sofortversorgung zur Begrenzung der Entzündungsreaktion notwendig werden lassen, weshalb in solchen Fällen ein Arzt konsultiert werden sollte.

Kritisch wird es, wenn die Reparaturmechanismen überfordert oder gar geschädigt werden. Dies ist der Fall, wenn trotz Sonnenbrand weiter bestrahlt wird. Setzt man die entzündete Haut erneuter UV-Bestrahlung aus, bleibt dem Gewebe keine Zeit zur Regeneration. In diesem Fall ist die Gefahr von Spätschäden besonders groß. So besteht das Risiko, dass sich krebsartige Veränderungen bilden. Sie gehen von der Erbsubstanz aus, die wegen fehlender oder fehlerhafter Reparatur entartet.

#### **Merksätze**

- *Jede Hautrötung ist bereits ein Zellschaden!*
- *Die natürliche Reparaturfähigkeit von Hautzellen ist begrenzt!*
- *Der Sonnenbrand ist ein Warnsignal, das Überdosierung anzeigt!*
- *Nie bei bestehendem Sonnenbrand bestrahlen!*

### **3.4.2.2 Stimulation des UV-Eigenschutzes der Haut (UV-Adaptation)**

Die gesunde Haut verfügt durch den Aufbau des körpereigenen UV-Schutzes über die Fähigkeit, sich gegenüber Sonnenstrahlung zu schützen. Der Aufbau des UV-Eigenschutzes der Haut wird als „UV-Adaptation“ bezeichnet und umfasst zwei Komponenten: die Pigmentierung (Bräunung) und die Verdickung der Hornschicht (Ausbildung der sogenannten Lichtschwiele).

Bei voll ausgebildetem UV-Eigenschutz der Haut kann die Erythemschwelldosis bis etwa zum Faktor 40 gegenüber der UV-unadaptierten Haut ansteigen. Allerdings ist nicht die Haut eines jeden Menschen in der Lage, ihre Erythemempfindlichkeit durch den Aufbau des UV-Eigenschutzes so drastisch zu senken. Diese Fähigkeit ist vielmehr dem individuellen Hauttyp entsprechend begrenzt und hängt ferner vom Alter und vom Gesundheitszustand ab (s. Kap. 3.5).

Zur Ausbildung des UV-Eigenschutzes der Haut sind Strahlungsspektren erforderlich, die nicht nur UV-A, sondern in ausreichendem Maß auch UV-B enthalten. Mit Solarien, die ausschließlich UV-A-Strahlung abgeben (insbesondere über 340 nm, UV-A1), ist daher trotz Bräunung keine wesentliche Verminderung der Erythemempfindlichkeit zu erreichen.

Die Pigmentierung und die Ausbildung der Lichtschwiele werden bereits mit der ersten UV-Hautexposition eingeleitet und werden daher als akute Reaktionen bezeichnet. Diese Anpassungsreaktionen sind langsam ablaufende Vorgänge, die erst zwei bis drei Tage nach der ersten Bestrahlung nachweisbar werden. Zu ihrer vollen Ausbildung ist eine Serie von UV-Hautexpositionen über zwei bis drei Wochen hinweg erforderlich, die sämtlich unter Vermeidung eines Sonnenbrandes, jedoch mit steigender Dosierung erfolgen müssen (s. Kapitel 5 Dosierung und Begrenzungen von UV-Hautexpositionen)

Zur Bewertung des UV-Eigenschutzes der Haut wird angemerkt, dass sich seine Wirkung – ähnlich wie die von Sonnenschutzcremes und -lotionen – hauptsächlich auf die Erhöhung der zum Sonnenbrand führenden Dosis beschränkt. Auf die Bildung von DNS-Schäden und Mutationen bei UV-Hautbestrahlungen wirkt er sich dagegen nur wenig aus, so dass das Hautkrebsrisiko auch bei UV-adaptierter Haut trotz Verminderung des Sonnenbrandrisikos nur unwesentlich verringert wird.

#### **3.4.2.2.1 Pigmentierung**

Eine der wirksamsten Schutzreaktionen gegenüber der Erythembildung ist die Hautbräunung oder Pigmentierung, bei der zwischen zwei Mechanismen unterschieden wird.

##### **a) Bildung des Hautfarbstoffes Melanin (Melaninsynthese, indirekte oder verzögerte Pigmentierung)**

UV-Strahlung regt bei bereits einer Dosierung unterhalb der Erythemschwelle die Melanozyten an, aus vorrätigem Tyrosin (ein Baustein zahlreicher Eiweißverbindungen) den Pigmentstoff Melanin herzustellen (Pigmentneubildung). Das neu gebildete Melanin wird von den Melanozyten über Kanäle zwischen den Zellen in die Keratinozyten übertragen und durch diese an die Hautoberfläche transportiert (siehe Abb. 7). Dabei wird vor allem durch UV-B-Strahlung die Neusynthese von Melanin eingeleitet, während unter dem Einfluss von UV-A-Strahlung und Sauerstoff die ursprünglich noch farbschwachen Melanin-Pigmente gedunkelt werden. Die wichtigste Aufgabe des dunklen Melanins ist der Schutz der Basalzellschicht vor schädigenden Einflüssen der UV-Strahlung. Er verhindert bis zu einer gewissen Grenze auch das Eindringen von UV-Strahlen in tiefere Hautschichten. Gut ausgebildet kann ein Schutzfaktor von bis zu 10 erreicht werden.

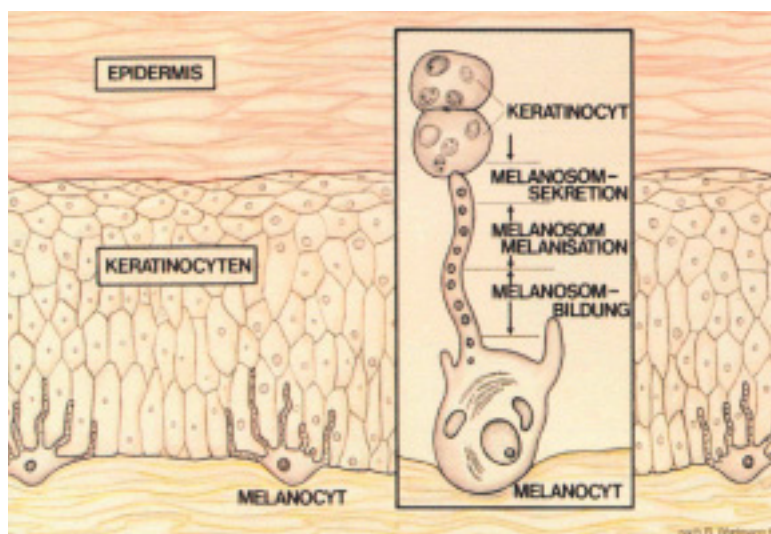


Abb. 7: Melanintransport in die Keratinozyten

UV-A-Strahlung kann zur Neubildung (Photosynthese) von Melanin beitragen, wenn sie in sehr hohen Bestrahlungsstärken verabreicht wird, die die Bestrahlungsdosis im UV-B-Bereich um den Faktor 1.000 bis 10.000 übersteigen, oder wenn die Haut zuvor photosensibilisiert wurde. Die Anwendung von UV-B-Strahlung kommt mit kleinen Dosen aus, wobei jedoch mehrmalige Wiederholungen notwendig sind. Die in den Melanozyten gebildeten, zunächst noch schwach gefärbten Melaningranula lagern sich um die Zellkerne, um dort die empfindliche Erbsubstanz zu schützen.

#### **b) Direkte Pigmentierung (Sofortbräunung)**

In der farbschwachen Vorstufe kann das Melanin nur wenig schützen. Auf dem Weg an die Hautoberfläche wird das in den Keratinozyten schon eingelagerte Melanin in einem Prozess, der UV-A und ausreichend Sauerstoff benötigt, gedunkelt, was letztlich der Haut die braune Färbung verleiht.

#### **3.4.2.2.2 Verdickung der Hornhaut (Aufbau der Lichtschwiele)**

Die zweite Komponente des UV-Eigenschutzes der Haut wird durch den Aufbau der sogenannten Lichtschwiele erreicht. Unter dem Einfluss von UV-Strahlung aus dem Teilbereich UV-B kommt es zu einer Verdickung der Hornhaut, die einen zusätzlichen Schutzfaktor von bis zu 4 ergeben kann.

#### **3.4.2.2.3 Fazit**

UV-A-Strahlung dient der Dunkelung der vorgefertigten, bereits in der Haut enthaltenen Pigmente. Die so erhaltene Hautbräunung tritt schon während bzw. unmittelbar nach der Bestrahlung auf (Sofortbräunung). Allerdings bleibt sie nur kurze Zeit (wenige Stunden) erhalten und weist zumeist eine graubraune Farbe auf. UV-B-Strahlung sorgt hingegen für die Produktion (Photosynthese) neuer Pigmente in den Melanozyten.

Erst durch das Zusammenspiel der UV-B- und UV-A-abhängigen Prozesse – Pigmentneubildung und Pigmentdunkelung – entsteht eine länger anhaltende und rötlich-braune Hautfarbe, die erst mit der normalen Zellerneuerung in der Haut nachlässt.

Solarien, die nur UV-A-Bestrahlungsquellen nutzen, können also keine langanhaltende Pigmentierung und die mit ihr einhergehende Schutzfunktion gegenüber nachfolgender UV-Bestrahlung aufbauen.

Anmerkung: Die drei weißen Flecken an Schulterblättern und Steiß bei Benutzung einer Sonnenbank lassen sich durch eine gedroselte Blutzufuhr an diesen Stellen erklären: Die Körpermasse lastet auf dünner Haut über den Knochen von Steiß und Schulterblättern, die dieser Last wegen der harten Unterlage nicht ausweichen kann. Dadurch ist die Blutzirkulation in diesen Hautarealen so reduziert, dass die direkte Pigmentierung nicht stattfinden kann.

#### **Merksätze**

- *Pigmentierung und die Verdickung der Hornhaut (Lichtschwiele) sind natürliche Eigenschutzreaktionen der Haut gegenüber UV-Strahlung, die sich langsam aufbauen!*
- *Der UV-Eigenschutz verringert die Erythemempfindlichkeit der Haut. Das Risiko gegenüber Spätschäden wie Hautalterung und -krebs wird hierdurch kaum vermindert!*
- *Bereits relativ niedrig dosiertes UV-B und/oder extrem hohe Dosen von UV-A aktivieren die Melaninsynthese und erhöhen den Melanintransport!*
- *Direkte Pigmentierung bedeutet Dunkelung bereits vorhandenen Pigments!*
- *Die anhaltende Pigmentierung (Hautbräunung) benötigt UV-B und UV-A!*
- *Die Lichtschwiele wird durch UV-B aufgebaut!*

#### **3.4.2.3 Photoallergische und phototoxische Reaktionen, Polymorphe Lichtdermatose**

Bestimmte Substanzen können nach Eindringen in die Haut oder nach oraler Aufnahme die Reaktion der Haut auf UV-Strahlung drastisch ändern. Insbesondere photoallergische Reaktionen der Haut auf UV-Bestrahlungen werden zunehmend registriert. Sie können bereits bei vergleichsweise geringen Dosen unterhalb der Erythemschwelle durch Strahlung im gesamten UV-Bereich (UV-B und UV-A) und sogar durch Licht ausgelöst werden.

Sichtbare Zeichen der *Photoallergie* sind Rötungen, Schwellungen, Nässen oder Blasenbildungen in den exponierten Arealen der Haut. Die Ursachen von photoallergischen Reaktionen, die – einmal erworben – in der Regel bestehen bleiben, sind vorangegangene Sensibilisierungen der Haut, die durch die photochemische Aktivierung bestimmter Substanzen und ihre anschließende Anbindung an ein Makromolekül hervorgerufen werden können.

Photoallergische Reaktionen werden häufig nach Einnahme bestimmter Medikamenten wie beispielsweise Antibiotika beobachtet, insbesondere wenn sie Tetracykline enthalten. Diese werden relativ häufig bei infizierten Hauterkrankungen angewendet. Fast jeder Zweite reagiert dabei übermäßig UV-empfindlich. Aber auch Inhaltsstoffe von Kosmetika (z.B. einige Duftstoffe) können Photoallergien auslösen.

Von photoallergischen Reaktionen zu unterscheiden sind *phototoxische Reaktionen*, die ebenfalls schon bei geringer Dosierung der UV-Strahlung auftreten können, aber zu keiner bleibenden Erhöhung der UV-Empfindlichkeit führen. Sie sind auf die Dauer bis zur Ausscheidung oder zum Abbau der sensibilisierenden Substanz begrenzt. Die photosensibilisierende Wirkung hängt vom Hauttyp ab und äußert sich in einer Zunahme der *phototoxischen Wirksamkeit* der UV-Strahlung im gesamten Spektralbereich, insbesondere aber im



UV-A-Bereich. Hierdurch können durch Bestrahlungen mit UV-A-Strahlung bei vergleichbar geringer Dosierung Wirkungen erzielt werden, die sonst nur durch Strahlung im UV-B-Bereich hervorgerufen werden (u.a. Sonnenbrand, hemmende Einwirkung auf die Zellteilungsrate und auch Förderung der indirekten Pigmentierung).

Es muss daher strikt darauf geachtet werden, dass die Nutzer von Solarien nicht unter dem Einfluss photosensibilisierender (phototoxischer) Substanzen stehen!

Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung von Substanzen, die bei UV-Hautbestrahlungen phototoxische oder photoallergische Eigenschaften zeigen.

Ergänzend wurde im Anhang 9.1 eine Liste photosensibilisierender (phototoxischer) und photoallergischer Medikamente und Duftstoffe zusammengestellt. Im Zweifelsfall ist der Arzt oder Apotheker zu befragen.

Es gibt aber auch bestimmte Lebensmittel, Pflanzen und Früchte, z.B. Zitrusfrüchte, Sellerie, Petersilie und Gemüse, die sensibilisierende Stoffe enthalten und sowohl bei Einnahme, aber auch manchmal schon bei bloßem Kontakt unter Einwirkung von UV-Strahlung zu sonnenbrandähnlichen Hautreaktionen führen können.

**Tab. 3:** Substanzen, die bei Sonnenexposition und Solarienanwendung zu meiden sind.

Substanz	Anwendungsform
Sulfonamide	Antibiotika / Chemotherapeutika
Sulfonylharnstoff	Antidiabetika
Chlorothiazide	Diuretika
Halogenierte Salicylanilide	Antimykotika
Antiseptika	Seifen
Triacetyldiphenylisatin	Abführmittel
Tetracyclin	Antibiotika
Chloroquin	Antimalariamittel / Antirheumatika
Diphenyletanolamine	Antihistaminika / Antitussiva
Blankophore	Waschmittel
Cyclamate	Süßstoffe

Eine weitere akute Reaktion der Haut auf UV-Bestrahlung kann die *polymorphe Lichtdermatose* sein, die fälschlicherweise häufig auch als „Sonnenallergie“ bezeichnet wird. Hierbei treten nach der UV-Exposition Rötungen, Quaddeln, Papeln, Ekzeme oder kleine punktförmige Einblutungen in die Haut sowie starker Juckreiz auf, die nach einigen Tagen bis Wochen wieder abklingen.

#### Merksätze

- *Medikamente und bestimmte Substanzen können phototoxische Reaktionen oder Photoallergien auslösen!*
- *Das Bestehen einer Photoallergie, einer vorausgegangenen Photosensibilisierung oder einer polymorphen Lichtdermatose sind Ausschlusskriterien für Bestrahlungen im Solarienbetrieb!*
- *Photoallergien können in der Sonne und im Solarium erworben werden!*
- *Es muss daher vor der Bestrahlung sichergestellt werden, dass der Nutzer nicht unter dem Einfluss photosensibilisierender oder photoallergischer Substanzen steht!*
- *Bei Einnahme von Medikamenten vor Sonne und Solarium den Arzt befragen und Vorbestrahlungen durchführen!*
- *Vorsicht mit Kosmetika. Diese müssen einige Stunden vor der Bestrahlung entfernt werden!*

### 3.4.3 Chronische Wirkungen von UV-Bestrahlungen und Spätfolgen

Zu häufige und/oder übermäßige UV-Expositionen können zu dauerhaften, irreversiblen Veränderungen und Spätfolgen an der Haut führen. Diese chronischen Hautschäden betreffen:

- die vorzeitige Hautalterung
- UV-bedingte Verhornungsstörungen (solare Keratosen) als Vorstufen des Stachelzellkarzinoms
- die Hautkrebsentstehung.

#### 3.4.3.1 Vorzeitige Hautalterung

Als Folge chronischer UV-Belastung verliert die Haut ihre elastischen Fähigkeiten und wird dünner. Es kommt zur Faltenbildung, Porenvergrößerung (Follikelvergrößerung), Bildung von Mitessern (Komedonen), Gefäßerweiterung (Teleangiektasie), Bindegewebschädigung (Atrophie, solare Elastose), Pigmentverschiebungen und unterschiedlicher Hornschichtverdickung. UV-A-Strahlung trägt besonders zur Hautalterung bei. Sie erreicht auf Grund der größeren Eindringtiefe (vgl. Kap. 3.2) die Lederhaut, in der sich etwa 98 % der für die Hautelastizität verantwortlichen Kollagenfasern befinden.

### 3.4.3.2 Hautkrebserkrankungen

Die Entstehung von Hautkrebs ist die schwerwiegendste Spätfolge der UV-Bestrahlung. Hautkrebs stellt den weltweit häufigsten Krebs dar. Seine Häufigkeit hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. In Deutschland erkranken derzeit ca. 120.000 Menschen pro Jahr neu an Hautkrebs (Basalzellkarzinom, Stachelzellkarzinom und malignes Melanom). Hinsichtlich der Mortalitätsrate sind dies ca. 2300 Fälle malignes Melanom und etwa 300 übrige Hautkrebse. Die Mortalitätszahlen waren in den letzten Jahren konstant.

Beim Hautkrebs wird zwischen epithelialen (nichtmelanozytäre) Tumoren (dem Plattenepithelkarzinom und dem Basalzellkarzinom) und pigmentierten Tumoren (dem malignen Melanom) unterschieden. Ca. 90% aller Hautkrebse sind nichtmelanozytären Ursprungs. Alle drei Hautkrebsarten sind bei Früherkennung gut therapierbar.

#### a) Epithelialer (nichtmelanozytärer) Hautkrebs (Basalzellkarzinom und Stachelzellkarzinom)

Der überwiegende Teil der Basalzellkarzinome (Basaliome) und der Stachelzellkarzinome (Spinaliome, Plattenepithelkarzinome) entsteht im Bereich chronisch UV-geschädigter Haut. Daher bestehen keine Zweifel daran, dass diese Tumoren hauptsächlich durch den UV-Anteil des Sonnenspektrums oder künstlicher UV-Strahler verursacht werden können, wobei das Risiko mit der lebenslang insgesamt erhaltenen UV-Gesamtdosis steigt.

Beim Basalzellkarzinom handelt sich um einen langsam wachsenden, lokal Gewebe zerstörenden (destruierenden) Tumor, der keine Metastasen bildet und eine äußerst niedrige Sterblichkeitsrate aufweist. Der Tumor tritt vorwiegend in exponierten Hautpartien (vor allem Gesicht, Ohren, Kopfhaut) auf. Für das Basalzellkarzinom besteht eine Dosis-Wirkungs-Beziehung bezüglich der UV-Exposition.

Das Plattenepithelkarzinom ist ein invasiv wachsender, lokal destruierender Tumor, der ab einer bestimmten Größe auch Metastasen bilden kann und zum Tode führen kann. Das Plattenepithelkarzinom tritt vorwiegend in exponierten Hautpartien (vor allem Gesicht, Ohren, Kopfhaut, Handrücken, Unterarme) auf. Für das Auftreten des Tumors besteht ebenfalls eine Dosis-Wirkungs-Beziehung bezüglich der UV-Exposition.

#### b) Malignes Melanom

UV-Strahlung ist auch eine Ursache für das maligne Melanom. Es tritt häufig an bedeckten Körperstellen auf, so dass ein Zusammenhang mit UV-Bestrahlungen nicht ersichtlich ist. Trotz vieler Untersuchungen, die eine Beziehung zwischen UV-Strahlung und malignem Melanom belegen, ist der genaue Mechanismus der Entstehung noch unklar.

Am malignen Melanom erkrankt man vergleichsweise früh, im 3. und 4. Lebensjahrzehnt, gelegentlich auch früher. Der unterschiedlich schnell wachsende, teils fleckförmige, teils knotige, in der Regel pigmentierte Tumor ist bei Frühbehandlung überwiegend heilbar, trotzdem liegt die Rückfallrate und Metastasenbildung bei 20-30%.

Unter den Risikofaktoren für das maligne Melanom werden Dispositions- und Expositions-faktoren unterschieden (vgl. Tab. 4). Individuen mit hellem Hauttyp (insbesondere Typ I und Typ II), mit rötlichen bzw. blonden Haaren, mit Neigung zu Sommersprossen, mit Sonnenbrandflecken (Lentigines) und vielen (erworbenen) Pigmentmalen (d. h. mehr als 40 – 50 „Leberflecke“ beim Erwachsenen) bzw. einer positiven Familiengeschichte bezüglich des malignen Melanoms haben je nach Kombination der Risikofaktoren ein bis zu mehr als 100fach erhöhtes Risiko, im Verlauf ihres Lebens ein malignes Melanom zu entwickeln.

Fall-Kontroll-Studien haben gezeigt, dass das relative Risiko, ein Melanom zu entwickeln, zumindest 2-3fach höher ist, wenn in der Kindheit Sonnenbrände aufgetreten sind, welche mit einer Erhöhung der Zahl der in der Kindheit unter Einwirkung von UV-Strahlung erworbenen Pigmentmale zusammenhängt.

Zusammengefasst ergeben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Risikofaktoren für das maligne Melanom.

Tab. 4: Risikofaktoren für die Entwicklung eines malignen Melanoms

- multiple Pigmentmale (> 40–50)	Risiko 5–15fach erhöht
- atypische Pigmentmale	Risiko 5–15fach erhöht
- angeborene (congenitale), große Pigmentmale	kumulatives Lebenszeitrisiko 5–6%
- familiäres malignes Melanom	Risiko 2–3fach erhöht
- lichtempfindliche Haut	Risiko 3–4fach erhöht
- Sonnenbrände in Kindheit und Jugend	Risiko 2–3fach erhöht
- Lentigines (Sonnenbrandflecken)	Risiko 2fach erhöht

### 3.4.3.3 UV-bedingte Regulation des Immunsystems (Immunsuppression)

Die Wirkungen von UV-Bestrahlungen auf das Immunsystem sind komplex. Viele wissenschaftliche Untersuchungen und Ergebnisse zeigen, dass es in Folge von UV-Bestrahlungen zu einer Herunterregulierung des Immunsystems (Immunsuppression) kommt, d.h. es stellt sich eine Schwächung der Immunabwehr ein. Es gibt jedoch einige Hinweise darauf, dass sich wohldosierte UV-Expositionen auch günstig auf das Immunsystem auswirken können.

#### Merksatz

UV-Strahlung regelt das Immunsystem des Menschen herunter!

### 3.5 UV-Empfindlichkeit der Haut und Hauttypen

Die Empfindlichkeit der menschlichen Haut auf UV-Strahlung ist individuell verschieden und hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Hierzu gehören vor allem die ethnische Zugehörigkeit, das Alter und der Gesundheitszustand. Die ethnische Zugehörigkeit, aber auch genetische Vorbedingungen lassen sich durch die Einteilung in unterschiedliche Hauttypen klassifizieren. Kriterien für die Klassifizierung sind die Erythemempfindlichkeit der Haut und ihre Fähigkeit zur Bräunung nach einer vorausgegangenen Sonnenbestrahlung (siehe Tabelle 5). Die Hauttypen werden auch häufig als Phototypen bezeichnet.

Es ist allgemein bekannt, dass rothaarige Menschen mit sehr heller Haut kaum bräunen und bei Sonnenexposition sehr schnell einen Sonnenbrand erleiden. Dunkelhäutige Menschen dagegen haben bei geringer UV-Exposition weder in der Sonne noch im Solarium größere Hautprobleme. Dazwischen liegt der Hauttyp des dunkelhäutigen Mitteleuropäers, der relativ gut bräunt, aber bei Unvorsichtigkeit auch einen Sonnenbrand bekommt. Die Grenzen zwischen diesen Hauttypen sind fließend.

Die in Tabelle 5 aufgeführten Hauttypen und ihre Merkmale gelten ausschließlich für die Haut Erwachsener. Die Haut von Kindern reagiert empfindlicher auf UV-Strahlung und kann die mögliche Anpassungsfähigkeit der Haut Erwachsener noch nicht erreichen. Da der Übergang zwischen kindlicher und erwachsener Haut fließend ist, wird die Altersgrenze zur Unterscheidung zwischen der Haut von Kindern und von Erwachsenen mit 18 Jahren festgelegt.

Nach DIN 5050-1 ergeben sich für die unvorbestrahlten (sonnenentwöhnten) Hauttypen I – IV die in Tabelle 5 zusammengestellten Beträge der *Minimalen Erythemdosis* (MED, vgl. Kap. 3.4.2.1).

#### Merksätze

- *Hauttyp 1 zeigt keine Bräunung und bekommt bei Sonnenbestrahlung rasch einen schweren Sonnenbrand. Von der Benutzung von UV-Bestrahlungsgeräten zu Bräunungszwecken muss abgeraten werden!*
- *Kinder besitzen eine hohe UV-Hautempfindlichkeit, nicht voll ausgebildete Eigenschutzfähigkeiten und sind daher besonders gefährdet. Sie gehören nicht in den Solarienbetrieb. Die Altersgrenze ist mit 18 Jahren festgelegt!*
- *Hauttyp II bräunt wenig und besitzt ein hohes Sonnenbrandrisiko!*
- *Hauttyp III bräunt fortschreitend und durchschnittlich gut, erleidet gelegentlich aber einen Sonnenbrand!*
- *Hauttyp IV bräunt gut und schnell und erleidet selten einen Sonnenbrand!*

**Tab. 5:** Europäische hellhäutige Hauttypen und ihre Reaktion auf die Sonne

Hauttyp	I <sup>1)</sup>	II	III	IV
<b>Beschreibung<sup>2)</sup></b>				
Haut:	sehr hell	hell	hell bis hellbraun, frisch	hellbraun, oliv
Sommersprossen:	häufig	selten	keine	keine
Haare:	rötlich, blond	blond bis braun	dunkelblond bis braun	dunkelbraun
Augen:	blau, grau	blau, grün, grau, braun	grau, braun	dunkel
<b>Bezeichnung</b>	keltischer Typ	hellhäutiger Europäer	dunkelhäutiger Europäer	mittelmeerischer Typ
Ungefähre Verteilung in Mitteleuropa	2 %	12 %	78 %	8 %
<b>Reaktion auf die Sonne</b>				
Sonnenbrand:	immer und schmerzhaft	fast immer, schmerzhaft	selten bis mäßig	kaum
Bräunung:	keine	kaum bis mäßig	fortschreitend	schnell und tief
Mittlere Erythemschwelldosis bei Erstbestrahlung	200 J/m <sup>2</sup>	250 J/m <sup>2</sup>	350 J/m <sup>2</sup>	450 J/m <sup>2</sup>
Ungefähre Eigenschutzzeit <sup>3)</sup> in der Sonne	15 bis 20 Minuten	20 bis 25 Minuten	28 bis 35 Minuten	36 bis 45 Minuten

<sup>1)</sup> Von der Benutzung von Solarien zu Bräunungszwecken wird abgeraten!

<sup>2)</sup> Beschreibung von gesunder Haut modifiziert nach Greiter

<sup>3)</sup> Unter Eigenschutz der Haut versteht man den Zeitraum für das erste Sonnenbad, bei dem man noch keinen Sonnenbrand bekommt (für nicht vorgebräunte Haut); Zahlenangaben für einen wolkenlosen Sommertag in Mitteleuropa am Mittag und in Meeresspiegelhöhe.

### 3.6 Wirkungen an den Augen

Strahlen aus den an das sichtbare Licht angrenzenden Spektralbereichen können das menschliche Auge schädigen. Es kann durch die langwelligen Infrarotstrahlen, die in das Augennere eindringen, zu einer typischen Linsentrübung (Glasbläserstar) kommen. Auf der kurzwelligeren Seite kann durch Strahlen aus dem UV-Bereich eine schmerzhaft Hornhaut- und/oder Bindehautentzündung (Photokeratitis und/oder Photokonjunktivitis, auch Verblitzung oder Schneeblindheit) hervorgerufen werden. Daneben besteht die Gefahr einer Trübung der Linsen (Katarakt) nach wiederholten und langandauernden UV-Einwirkungen.

Wirksame Maßnahmen zum Augenschutz sind im Solarium daher notwendig. Als geeignet hat sich dabei das Tragen einer UV-Schutzbrille mit Filterwirkung nach DIN EN 170 während der Bestrahlung erwiesen.

#### Merksätze

- UV-Strahlen können akute und chronische Augenschäden hervorrufen!
- Der UV-Schutz der Augen erfordert die Nutzung geeigneter UV-Schutzbrillen und gilt für Kunden und Personal von Solarienbetrieben!

### 3.7 Abhängigkeit der UV-Wirkungen von Spektrum, Dosis und Bestrahlungshäufigkeit

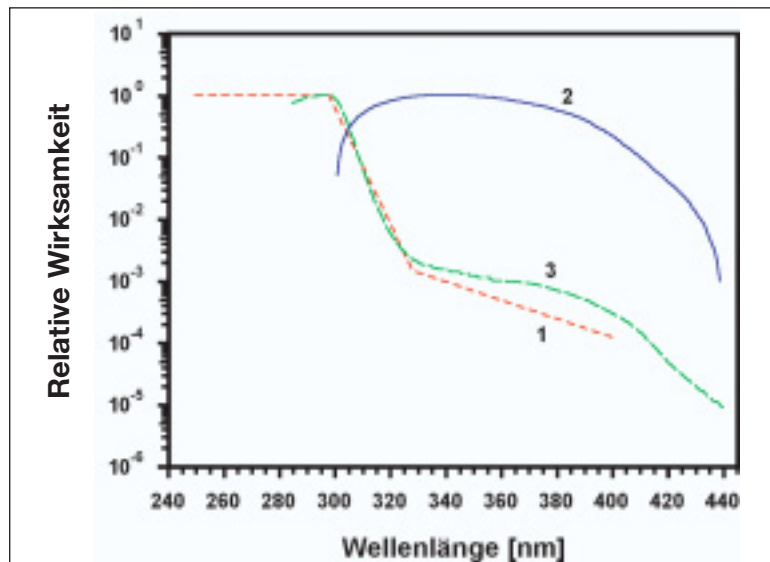


Abb. 8: Wirkungsspektrum für das UV-Erythem (1), die für die direkte (2) und für die verzögerte Pigmentierung (3).

#### 3.7.1 Spektrale Abhängigkeit

Die Wirksamkeit ultravioletter Strahlung ist stark wellenlängenabhängig und kann für verschiedene biologische Effekte durch spektrale Wirksamkeiten (Aktionsspektren) beschrieben werden. Abbildung 8 zeigt das international festgelegte Referenzwirkungsspektrum für das UV-Hauterythem sowie für die direkte und verzögerte Pigmentierung:

#### 3.7.2 Schwellenbestrahlungen

Die Beobachtungen deuten darauf hin, dass die relative spektrale Wirksamkeit der einzelnen Wellenlängen des UV-Strahlenspektrums für die Pigmentneubildung (Melanogenese), für den Sonnenbrand (Erythembildung), für die Erzeugung von Hautkrebs (Karzinogenese) sowie für die vorzeitige Hautalterung (Elastose) ähnlich sind. Daher kann keine Bestrahlung eine einzige gewünschte Wirkung allein erzeugen, ohne gleichzeitig auch ein Risiko zur Stimulation unerwünschter Effekte zu verursachen. Es ist aber möglich, durch die Begrenzung der angewandten Bestrahlungsdosis, der spektralen Verteilung sowie der Häufigkeit der Bestrahlungen erwünschte Wirkungen wie die Hautbräunung ohne Sonnenbrand zu erreichen und das Risiko gegenüber weiteren unerwünschten Wirkungen oder Schäden so weit wie möglich zu reduzieren. Mit Solarien, die hierfür eine geeignete spektrale Verteilung aufweisen und über eine genau einstellbare Dosierungsmöglichkeit verfügen, ist „Bräunung ohne Sonnenbrand“ möglich (siehe Abb. 9). Hierüber hinausgehend erfordert die Reduzierung des Bestrahlungsrisikos aber auch eine auf die individuelle UV-Empfindlichkeit abgestimmte Dosierung und die Begrenzung der Anzahl der Anwendungen im Rahmen des Dosierungsplans (s. Kap. 5).

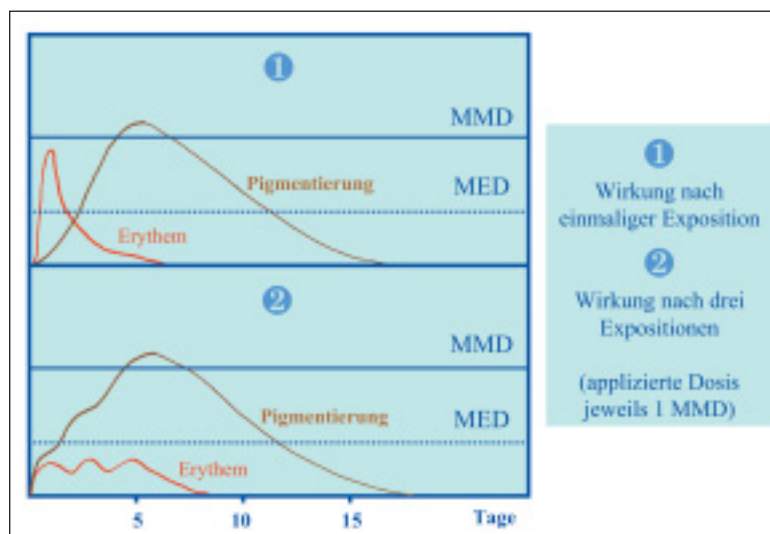


Abb. 9: Bräunung ohne Sonnenbrand



### 3.7.3 Die Rolle der Erythemwirksamkeit als Grundlage zur Dosierung

Wie sich in den vorangegangenen Kapiteln zeigte, hängt die biologische Wirksamkeit der UV-Strahlung stark von der Wellenlänge und damit von der spektralen Bestrahlungsstärke eines Bestrahlungsgerätes ab.

Für eine genaue Dosierung mit einem solchen Bestrahlungsgerät muss man daher nicht nur die Bestrahlungsstärke, sondern auch das Strahlungsspektrum kennen. Da dies sehr umständlich und in der Praxis auch nicht praktikabel ist, werden die Bestrahlungsstärke und die spektrale Verteilung in einer biologisch repräsentativen Größe zusammengefasst. Diese repräsentative Größe ist die erythemwirksame Bestrahlungsstärke des Gerätes aus den folgenden zwei Gründen:

es zeigen viele (aber nicht alle) biologische Wirkungsspektren der UV-Strahlung Ähnlichkeiten mit dem Wirkungsspektrum der Erythembildung und

ist das UV-Erythem eine leicht beobachtbare und akute Antwortreaktion der Haut auf eine UV-Überdosierung, die außerdem noch von individuellen Besonderheiten wie Hauttyp, Adaptationsgrad usw. abhängt und der Überschreitung der aktuellen Erythemschwelldosis entspricht.

Die Kenntnis der Erythemwirksamkeit der Solarien ist daher eine wichtige Voraussetzung zur Bewertung und Vermeidung von möglichen gesundheitlichen Risiken. Um dieses Ziel zu erreichen, muss zusätzlich die individuelle Hautempfindlichkeit des Kunden bekannt sein.

Als Standard für die **Minimale Erythemwirksame Dosis (MED)** wird nach DIN 5050-1 der Wert für den unvorbestrahlten Hauttyp II mit 1 MED = 250 J/m<sup>2</sup> festgelegt (vgl. Tab. 5).

Zur Unterscheidung, ob die biologische Wirksamkeit eines Solariums durch UV-Strahlung aus den Bereichen UV-A und/oder UV-B hervorgerufen wird, wird ebenfalls die Erythemwirksamkeit herangezogen. Je nach der in diesen Spektralbereichen vorliegenden Größe der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke werden die Geräte hierzu in verschiedene UV-Gruppen klassifiziert (vgl. „UV-Gruppen“, Kap. 4.5).

## 4. SOLARIEN – GERÄTETECHNIK, BETRIEB UND WARTUNG, QUALITÄTSNACHWEIS

### 4.1 Aufbau von Solarien

Solarien der neuen Generation sind seit etwa 1976 auf dem Markt und unterscheiden sich deutlich von älteren Geräten (z.B. vom Typ „Höhensonne<sup>®</sup>“), die häufig nicht nur UV-Strahlung aus den Spektralbereichen UV-B und UV-A, sondern auch UV-C-Strahlung abgeben und meist durch eine hohe Erythemwirksamkeit gekennzeichnet waren. Im Gegensatz zu früher dürfen heute eingesetzte Geräte keine wesentlichen Emissionen im Bereich UV-C aufweisen. Für die Bräunung werden sie heute meist so aufgebaut, dass sie UV-A mit vergleichsweise stark reduziertem UV-B-Anteil oder – im geringeren Umfang – auch UV-A allein abstrahlen.

Die **Strahlungsquelle** ist das wichtigste Bauteil eines Bestrahlungsgerätes. Der Lampenhersteller hat die Aufgabe, sie in ihren strahlungsphysikalischen Eigenschaften so zu gestalten, dass möglichst viel von der aufgenommenen elektrischen Energie in UV-Strahlungsleistung umgewandelt wird. Die wirkungsbezogene Ausbeute gibt Auskunft über die Effizienz einer Strahlungsquelle.

Die heute üblichen Solarien stehen in geschlossener Form oder als offene Variante zur Verfügung und enthalten die folgenden Komponenten:

- ein (oder mehrere) Bestrahlungsmodul(e)
- eine (oder mehrere) Nutzfläche(n)
- ein Modul zur Dosierung und Begrenzung der Bestrahlungen (z.B. Zeitschaltuhr).

Die **Nutzfläche** eines Solariums ist diejenige zusammenhängende Fläche, die als repräsentativ für die bestrahlte Fläche des Körpers oder Körperteils anzusehen ist. Die Nutzfläche befindet sich bei den meisten Geräten in einem durch die Konstruktion festgelegten und nicht veränderbaren Abstand zur Strahlungsausstrittfläche des entsprechenden Bestrahlungsmoduls (z.B. Liegefläche einer Sonnenbank). Bei Geräten ohne fest vorgegebenem Abstand der Nutzfläche zur Strahlenausstrittfläche muss der Bestrahlungsabstand vom Hersteller definiert werden, damit genaue Dosierungen über die Bestrahlungszeit möglich sind.

Die Bestrahlungsmodule enthalten die optisch wirksamen Bauteile und sind häufig mit Kühlsystemen kombiniert.

### 4.2 Optisch wirksame Bauteile

Optisch wirksame Bauteile sind die *UV-Strahlungsquellen (Lampen), Reflektoren, Filter und Acrylglascheiben*. Diese Bauteile bestimmen einzeln und in ihrer Kombination die Spektralverteilung und die Bestrahlungsstärke eines Solariums.

Die UV-Strahlungsquelle gibt ihre Strahlung meist ungerichtet ab. Üblicherweise ist die Strahlungsquelle von einem Reflektor umgeben oder weist einen integrierten Reflektor auf, der die erzeugten Strahlen bzw. Anteile davon je nach gewählter Form mehr oder weni-

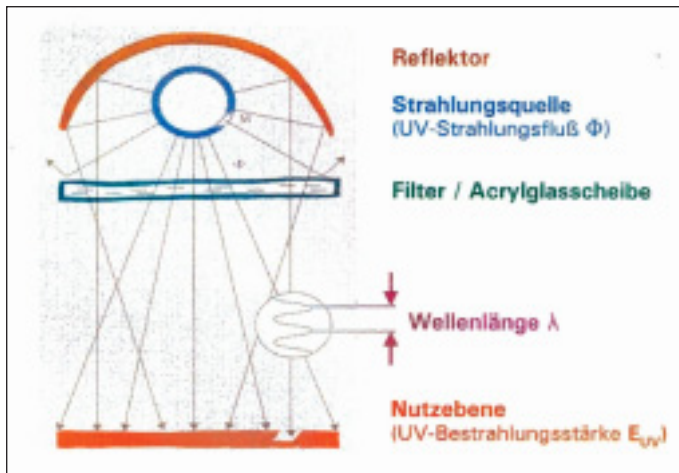


Abb. 10: Optisch wirksame Bauteile von Solarien

ger stark bündelt und in eine bestimmte Richtung lenkt. Bezogen auf den erzeugten Strahlungsfluss treten hierbei durch Reflexion oder materialabhängige Absorption erste Strahlungsverluste auf (sog. „Wirkungsgradverluste“), die spektral unterschiedlich sein können.

Zumeist passiert die erzeugte und gerichtete Strahlung in der Folge noch einen Filter, eine Filterkombination oder eine Acrylglasscheibe, bevor sie auf die Nutzfläche bzw. die Hautoberfläche trifft. Insbesondere die in diesen Materialien ablaufenden Absorptions- und Transmissionsvorgänge führen neben den Reflexionsverlusten zu teilweise ganz erheblichen Veränderungen in der spektralen Zusammensetzung und Intensität der Strahlung. Bei Filtern sind die spektralen Veränderungen beabsichtigt, bei den Acrylglasscheiben jedoch unerwünscht. Dies bedeutet, dass die genaue spektrale Verteilung und die Bestrahlungsstärke erst feststehen, nachdem die erzeugte Strahlung alle optisch wirksamen Bauteile passiert hat (Abb. 10). Die Wartung von Solarien darf sich deshalb nicht nur auf die Strahlungsquellen allein beschränken,

sondern muss ebenso die weiteren optischen Bauteile berücksichtigen.

Da die Bestrahlungsstärke mit dem Abstand vom Bestrahlungsmodul in der Regel abnimmt, müssen Bestrahlungsabstand und Nutzfläche genau festgelegt werden. Die Bestrahlungsstärke ist meist nicht konstant in der Nutzfläche, sondern zeigt eine durch den Aufbau des Bestrahlungsmoduls bestimmte Verteilung.

#### Merksätze

- Reflektoren „bündeln“ die Strahlen und lenken sie in eine bestimmte Richtung!
- Filter verändern die spektrale Zusammensetzung und Intensität der Strahlung!
- Die Bestrahlungsstärke nimmt mit zunehmendem Abstand von der Strahlungsausstrittfläche eines Bestrahlungsmoduls in der Regel ab!

## 4.2.1 Strahlungsquellen

Heute werden in Solarien überwiegend röhrenförmige *UV-Leuchtstofflampen (Niederdruckstrahler)* oder sogenannte *Halogen-Metaldampflampen (Metallhalogen-Hochdruckstrahler)* eingesetzt. Bei Geräten für die gewerbliche Anwendung findet man sehr häufig eine Mischbestückung, für die Bestrahlung des Körpers werden meist Leuchtstofflampen verwendet, während das Gesicht mit Hochdruckstrahlern (integrierten Gesichtsbraunern) bestrahlt wird. Zur Intensitätssteigerung im Gesichtsbereich sind auch andere Lösungen möglich.

### 4.2.1.1 Leuchtstofflampen

UV-Leuchtstofflampen sind als Gasentladungslampen. Sie sind von ihrer Funktion her mit den Leuchtstofflampen vergleichbar, die für die allgemeine Beleuchtung verwendet werden. Sie bestehen aus einem Glasrohr, das innen mit einem fluoreszierenden Leuchtstoff (auch Phosphor genannt) beschlämmt und an beiden Enden luftdicht verschmolzen ist. In das Rohr ragen an beiden Enden die Elektroden. Das Glasrohr selbst ist mit Quecksilberdampf gefüllt, der unter niedrigem Druck steht (daher auch: Niederdruck-Entladungslampen).

Über die außen sichtbaren Kontaktstifte wird elektrische Spannung an die Elektroden angelegt, wodurch Elektronen (elektrisch geladene Teilchen) von einer zur anderen Elektrode wandern. Auf ihrem Weg werden die Quecksilberatome beim Zusammenstoßen mit den

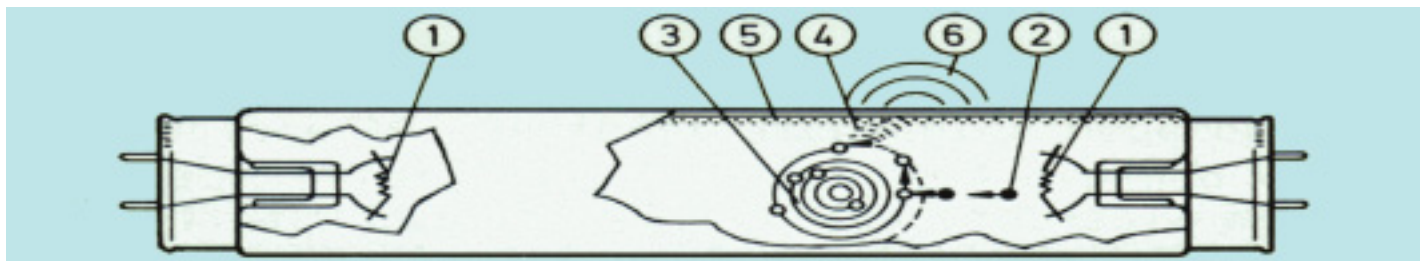


Abb. 11: Prinzip der Niederdruck-Entladungslampe

#### Leuchtstofflampen erzeugen ein Bandenspektrum:

Die erhitzte Elektrode (1) sendet Elektronen (2) in den mit Quecksilber (Hg) gefüllten Entladungsraum (3), der unter niedrigem Druck steht. Beim Zusammenstoß zwischen Elektron und Quecksilberatomen gelangen Elektronen des Quecksilbers in einen angeregten Zustand. Bei Rückkehr in den Grundzustand wird Energie in Form von UV-C-Strahlung (4) frei (sogenannte Hg-Niederdruckentladung). Trifft die primär erzeugte UV-C-Strahlung auf den Leuchtstoff (5), wird sie in längerwellige UV-Strahlung (6) umgewandelt.

Elektronen zur Strahlung angeregt, wobei in der Lampe zuerst kurzwellige UV-C-Strahlung, hauptsächlich die der Wellenlänge 254 nm, entsteht. Beim Auftreffen auf die Leuchtstoffbeschichtung wird die UV-C-Strahlung in längerwellige UV-Strahlung mit einem definierten Spektrum umgewandelt. Letztlich werden etwa 25 bis 30 % der aufgenommenen elektrischen Leistung in die erwünschte UV-Strahlungsleistung umgesetzt (Abb. 11).

Das von der Lampe erzeugte Spektrum wird in erster Linie von den Eigenschaften des verwendeten Leuchtstoffes sowie der spektralen Durchlässigkeit (Transmission) des Kolbenglases bestimmt und wird durch die optischen Bauteile des Solariums meist nur unwesentlich in seiner Zusammensetzung verändert. Wird vorwiegend UV-A gewünscht, wird ein Leuchtstoff benötigt, der ein Bandenspektrum mit einem Maximum um 340 bis 360 nm aussendet. Durch Variation der Leuchtstoffe, aber auch durch Einsatz von Kolbenglas mit unterschiedlicher UV-Transmission, lässt sich vor allem die Größe des abgegebenen UV-B-Anteiles und die Strahlungsleistung der Lampe beeinflussen. Die Nutzlebensdauer (siehe 4.2.2) der Lampe hängt hauptsächlich von den chemischen Eigenschaften des Leuchtstoffes und der Betriebsweise ab. Sie liegt heute üblicherweise bei etwa 500 bis 800 Stunden.

Für den Einsatz von Solarien steht heute eine große Vielfalt verschiedener Lampentypen zur Verfügung, die aufgrund übereinstimmender geometrischer Abmessungen und gleicher elektrischer Kenndaten zwar technisch und elektrisch austauschbar sind, jedoch teilweise erhebliche spektrale Unterschiede sowie unterschiedliche Nutzlebensdauern aufweisen, so dass sie sich hinsichtlich der biologischen Wirksamkeit, der anzuwendenden Bestrahlungszeit sowie der Einsatzdauer wesentlich unterscheiden. Eine grobe Einteilung kann wie folgt gegeben werden:

- **Standardlampen**

UV-B-Anteil in der Regel zwischen 0,7 und 1,0 % bezogen auf die Gesamt-UV-Leistung.

- **Schnellbräunende Standardlampen**

UV-B-Anteil zumeist zwischen 1,0 und 1,5 % bezogen auf die Gesamt-UV-Leistung.

- **Schnellbräunende Professionelle Lampen**

UV-B-Anteil überwiegend 1,0 % und mehr (bis etwa 2,5 %) bezogen auf die Gesamt-UV-Leistung.

Anmerkung: Der physikalisch definierte UV-B-Anteil ist nicht ausreichend, um die Wirkung einer Lampe ausreichend zu kennzeichnen. Dies ist nur durch die Angabe der wirksamen Leistung (z.B. die der erythemwirksamen Leistung) möglich.

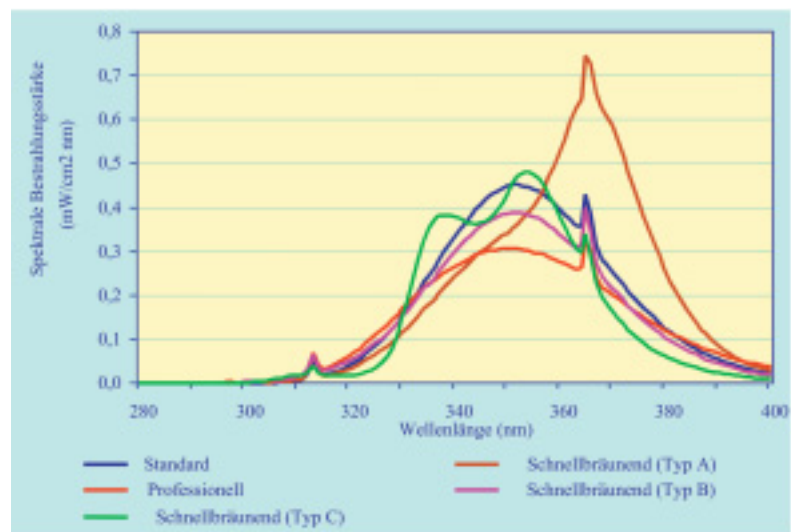


Abb. 12: Typische Spektren von UV-Leuchtstofflampen

Darüber hinaus lassen sich UV-Leuchtstofflampen auch anhand der „Lichtfarbe“ und bestimmter technischer Merkmale unterscheiden:

- **Warmtonlampen**

Hierbei handelt es sich um farbkorrigierte Lampen, die durch einen zusätzlichen, im roten Spektralbereich emittierenden Leuchtstoff eine rötliche Lichtfarbe zeigen. Dadurch wird eine mehr natürliche Wiedergabe der Hautfarbe während der Bestrahlung bewirkt. Dieser Effekt ist mit einem geringfügigen Verlust an UV-A-Leistung verbunden.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Möglichkeiten, UV-Lampen mit anderen Lichtfarben herzustellen.

- **Reflektorlampen**

Bei Reflektorlampen sind die Außenreflektoren nicht erforderlich, da zusätzlich zum Leuchtstoff im Kolben der Lampen bereits eine Reflektorschicht aufgebracht ist (integrierter Reflektor). Hierdurch verlässt die Strahlung die Lampe bereits gerichtet. Solche Lampen lassen sich allerdings nur optimal in den Geräten betreiben, die entsprechend dafür konstruiert sind. Mit Reflektorlampen ist ein engerer Lampenabstand möglich, da die Zwischenräume zum Passierenlassen der gebündelten Streustrahlung wie bei Verwendung von Außenreflektoren nicht mehr notwendig sind (Abb. 13). Hierdurch wird einerseits eine höhere UV-Bestrahlungsstärke erzielt, andererseits erfordert die dadurch erhöhte Wärmebildung eine wirkungsvolle Personen- und Geräte Kühlung.

- **Hochlastlampen**

Bei gleichen geometrischen Abmessungen weisen diese Lampen eine höhere Leistungsaufnahme von auf (120 bis 180 W statt 80 bis 100 W), weshalb zu ihrem Betrieb spezielle Vorschaltgeräte verwendet werden müssen. Infolge der mit der höheren UV-Strahlungsleistung verbundenen Wärmeentwicklung werden Hochlastlampen bevorzugt in klimatisierten Geräte eingesetzt.

Hochlastlampen können auf verschiedene Weise hergestellt werden. Die Elektroden werden generell verstärkt, um den höheren Lampenstrom zu verkraften. Die Elektrodengestelle können entweder normale Länge aufweisen oder auch verlängert sein. Dies hat Einfluss auf die Lampenkühlung, die herstellereitig spezifisch auf die jeweilige Lampenkonstruktion abgestimmt sein muss.

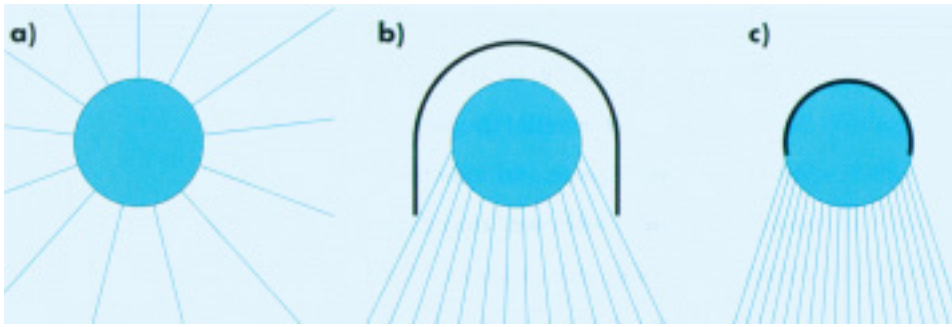


Abb. 13a: Vergleich Normal-Lampe (a), Normal-Lampe mit Außenreflektor (b), Reflektorlampe (c)

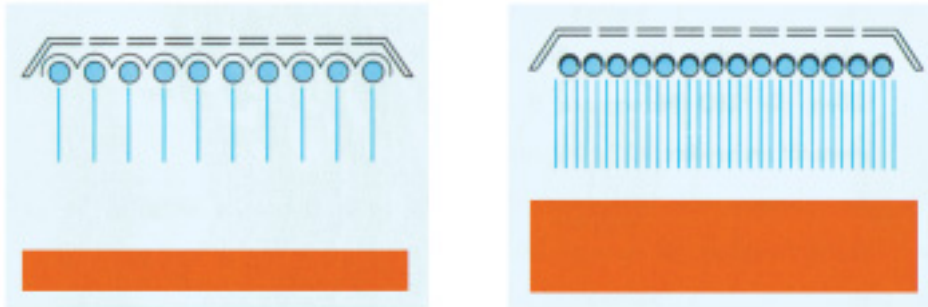


Abb. 13b: Engere Packungsdichte bei Reflektorlampen ergibt höhere Bestrahlungsstärke

#### Merksätze

- Die Innenbeschichtung der Solarienlampen wandelt UV-C-Strahlung in UV-B- und UV-A-Strahlung um!
- Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Leuchtstoffes bestimmen in erster Linie das Spektrum und die Nutzlebensdauer der Lampe!
- Aus dem Spektrum der Leuchtstofflampen kann die Gerätewirksamkeit abgeleitet werden!
- Bei Reflektorlampen ist in der Regel die Packungsdichte im Gerät höher, weshalb eine höhere Bestrahlungsstärke erzielt wird!
- Hochlastlampen benötigen spezielle Vorschaltgeräte und eine angepasste Lampenkühlung!

#### 4.2.1.2 Hochdrucklampen

Hochdrucklampen sind, wie auch Leuchtstofflampen, Gasentladungslampen. In einem luftdicht abgeschlossenen Quarzrohr (Entladungsgefäß) befindet sich unter höherem Druck entweder Quecksilber allein oder, wie bei den modernen Halogen-Metalldampf lampen, kombiniert mit Spuren von Metallhalogeniden. An beiden Enden ragen Elektroden in das Innere des Entladungsrohres. Die Metallhalogenide verdampfen erst bei Temperaturen oberhalb 600 °C. Da die Oberflächentemperatur beim Lampenbetrieb bis zu 900 °C erreicht, besteht der Lampenkolben aus thermisch hochschmelzendem Quarzglas. Es ist spektral durchlässiger als Glas, aber bei Hochdrucklampen für Solarien so ausgewählt, dass keine ozonerzeugende Strahlung emittiert wird. Im Prinzip verläuft die Strahlungserzeugung wie in Leuchtstofflampen (Abb. 14), jedoch wird die primär in der Lampe erzeugte Strahlung direkt genutzt.

Hochdrucklampen strahlen in der Regel ein sogenanntes Linienspektrum ab, d.h. es werden Linien in für das Quecksilber und die Beimengungen charakteristischen Wellenlängen abgegeben. Das Quecksilberspektrum allein weist große Lücken insbesondere im UV-A-Bereich auf, die erst durch die Beimengungen „aufgefüllt“ werden. Neben UV-A strahlen Hochdrucklampen in erheblichem Maße UV-

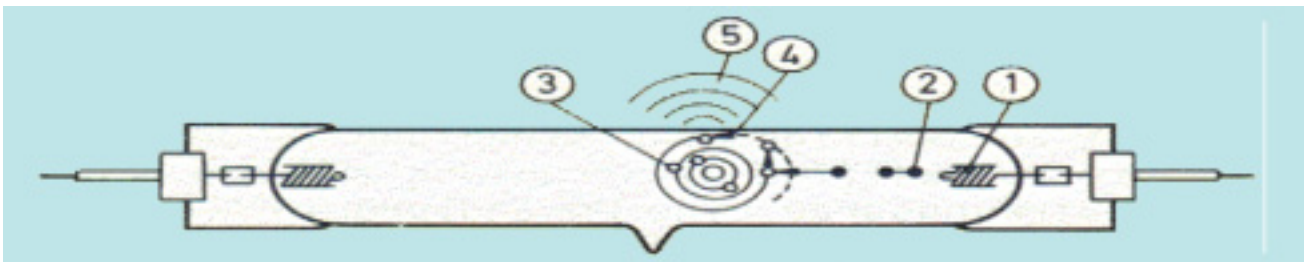


Abb. 14: Prinzip der Hochdruckentladungslampe

#### Hochdrucklampen erzeugen ein Linienspektrum:

Die heiße Elektrode (1) gibt Elektronen (2) in den mit Quecksilberdampf gefüllten Entladungsraum (3) ab, der unter hohem Druck steht. Beim Zusammenstoß mit den Elektronen werden die Quecksilberatome zur Strahlung (4) angeregt (sogenannte Hg-Hochdruckentladung). Die durch Anregung aufgenommene Energie wird direkt in Form von UV-C, UV-B, UV-A, Licht und Infrarot (5) abgegeben.



C, UV-B, sichtbares Licht und Infrarot ab. Daher müssen für die Nutzung in Solarien Hochdrucklampen immer in Verbindung mit geeigneten Filterscheiben verwendet werden, die die unerwünschte Strahlung herausfiltern und überwiegend das gewünschte UV-A durchlassen. Wegen der hohen Helligkeit (Leuchtdichte) der Hochdrucklampen sind die Filter häufig dunkel eingefärbt. Insbesondere wegen der erforderlichen Filterung haben Hochdrucklampen im Vergleich zu Leuchtstofflampen einen geringeren Gesamtwirkungsgrad; sie benötigen einige Minuten Anlaufzeit, bis sie die volle UV-Leistung erreichen. Sie müssen nach dem Abschalten erst abkühlen, bevor sie wieder gezündet werden können.

#### Merksätze

- Die Kolbentemperatur von Hochdrucklampen erreicht bis zu 900 °C!
- UV lässt sich sowohl mit Leuchtstofflampen als auch mit Hochdrucklampen erzeugen!
- Hochdrucklampen dürfen in Solarien nicht ohne geeignete Filterscheiben betrieben werden!

**Achtung:** Die Bestrahlung mit ungefilterten Hochdrucklampen (oder zerbrochenen Filterscheiben) kann innerhalb von Sekunden zum Sonnenbrand und zu „Verblitzung“ der Augen (Hornhaut- und/oder Bindehautentzündung) führen.

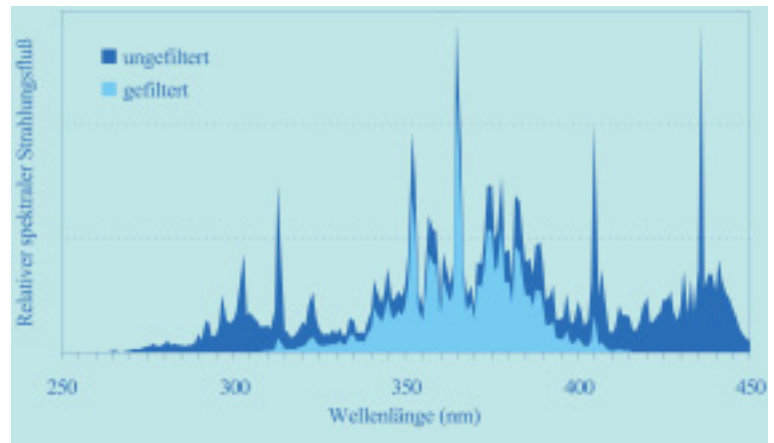


Abb. 15: Typisches Spektrum einer dotierten Metallhalogen-Hochdrucklampe (ungefiltert/gefiltert)

#### 4.2.1.3 Mischlichtlampen

Mischlichtlampen sind reine Quecksilberdampf-Hochdruckstrahler, die über eine Glühwendel stabilisiert werden und direkt an 230 V anschließbar sind. Die beiden strahlungserzeugenden Leuchtkörper sind gemeinsam in einem Reflektor-Kolben untergebracht, der gleichzeitig als UV-C-Filter dient. Derartige Strahlungsquellen liefern ein Linienspektrum mit einem Verhältnis der Anteile von UV-B und UV-A- von etwa 1 : 1 sowie erhebliche Anteile an sichtbarem Licht und Wärme (Mischlicht). Sie werden ohne weitere Filter in den Geräten verwendet. Allerdings ist der Bestrahlungsabstand zwischen Lampe und Objekt erheblich größer, so dass die wirksame Bestrahlungsstärke relativ gering ist.

**Geräte mit diesen Lampen entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Sie werden daher im Solarienbetrieb nicht eingesetzt.**

#### 4.2.2 Alterung und Nutzlebensdauer optisch wirksamer Bauteile

Optisch wirksame Bauteile unterliegen einer Alterung, die zur Veränderung der optischen und der erzeugten biologischen Eigenschaften des Gerätes führen kann.

Reflektoren lassen in ihrem Reflexionsvermögen meist mit der Zeit durch aufgelagerte Partikel (z.B. Staub) oder durch Oxidationseffekte an der Oberfläche nach. Bei Filtern hängt die Art der Alterung vom Filtermaterial ab und ist meist – jedoch nicht immer – mit einer Verringerung des Transmissionsvermögens verbunden, wodurch sich eine Änderung in der spektralen Verteilung und im Betrag der Bestrahlungsstärke ergeben kann.

Bei der Einsatzdauer von Lampen muss zwischen der technischen oder elektrischen Lebensdauer und der empfohlenen Nutzlebensdauer unterschieden werden. Die technische Lebensdauer gibt den Zeitraum an, in dem eine Lampe funktionsfähig bleibt. Bei Leuchtstofflampen beträgt diese beispielsweise mehrere tausend Stunden.

Da jedoch jede Strahlungsquelle mit zunehmender Betriebsdauer an Strahlungsleistung verliert, bedeutet dies, dass Lampen in Solarien zunehmend an Wirksamkeit verlieren. Insbesondere im gewerblichen Bereich ist es daher notwendig, die Lampen auszutauschen, wenn sie ihren Anwendungszweck (z.B. Bräunungswirkung) nur noch unzureichend erfüllen (s. Kap. 4.5.3.2). Es ist physikalisch unmöglich, dass Lampen mit zunehmender Betriebsdauer an biologischer Wirksamkeit zunehmen. Dies gilt für die heute verwendeten Lampen-Filter Kombinationen.

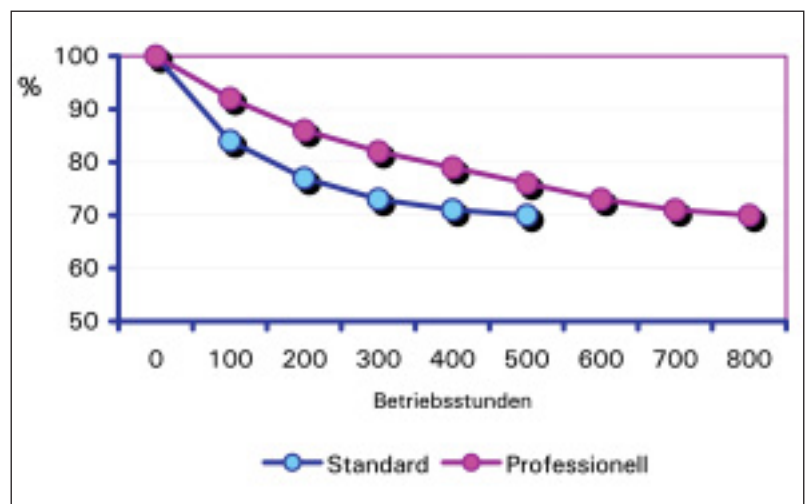


Abb. 16: Strahlungsleistung von Standard- und Professionellen Leuchtstofflampen mit zunehmender Betriebsdauer

Bei der Alterung der Lampen ist außerdem zu berücksichtigen, dass insbesondere abweichende Betriebsbedingungen (beispielsweise Überlastbetrieb, Überwärmung der Lampen) und bei Hochdrucklampen zusätzlich noch die Einschalthäufigkeit die Nutzlebensdauer verkürzen können.

Die Empfehlung im Hinblick auf die Dauer der Lampennutzung bei der gewerblicher Anwendung besagt, dass die Lampen dann ersetzt werden sollten, wenn sie rund 30 % (in Anlehnung an DIN 5050/2) ihrer Ausgangsleistung verloren haben.

Wenn man einen akzeptablen Leistungsrückgang von etwa 30 % voraussetzt, dann beträgt die empfohlene Nutzlebensdauer bei den heute üblichen Leuchtstofflampen je nach Lampentyp zwischen 300 und 1.000 Stunden.

Schwärzungen an den Enden der Lampen können ein Hinweis auf das Erreichen der Nutzlebensdauer sein, stellen aber keinesfalls ein sicheres Indiz dar. Auch Farbunterschiede zwischen UV-Leuchtstofflampen des gleichen Typs müssen nicht beunruhigen. Diese Erscheinung liegt an unterschiedlich dicken Leuchtstoffbeschichtungen, die jedoch die Strahlungsleistung praktisch nicht beeinflussen. Ebenso sind „Wirbelbildungen“ in der Lampe kein Grund zur Sorge. Diese ‚verschwinden‘ in der Regel nach einigen Betriebsminuten. Bei Hochdrucklampen liegt die empfohlene Nutzlebensdauer zwischen 500 und 1.000 Stunden.

#### **Merksätze**

- *Alterungen betreffen alle optisch wirksamen Bauteile, insbesondere aber die Lampen!*
- *Die von Lampen- und Geräteherstellern empfohlene Nutzlebensdauern von Lampen sollen beachtet werden!*
- *Bei einem Strahlungsrückgang von etwa 30 % (bezogen auf die Ausgangsleistung der Lampe) ist das Ende der Nutzlebensdauer erreicht!*

### **4.3 Betrieb von Solarien**

Erst die richtige Betriebsweise der UV-Strahlungsquellen in Solarien gewährleistet eine störungsfreie Funktion, einen hohen Wirkungsgrad und eine lange Nutzlebensdauer sowie eine risikoarme Bestrahlung. Da die spektrale Emission der Geräte von den elektrischen Anschlussbedingungen der Lampen und von Temperaturverhältnissen im Bestrahlungsmodul abhängen, sind stabile elektrische und thermische Betriebsbedingungen notwendig, die insbesondere im Fall der mit Hochdrucklampen betriebenen Geräte eine Anlaufphase vor der Nutzung erfordern.

#### **4.3.1 Elektrische Betriebsbedingungen und Betriebstemperatur**

*Leuchtstofflampen* benötigen in der konventionellen Betriebsweise ein (induktives) Vorschaltgerät (KVG) und einen Starter, die zusammen die nötige Zündspannung erzeugen. Damit die Lampe beim Einschalten nicht sofort im kalten Zustand startet, liegt die Zündspannung höher als die Betriebsspannung. Der Zündimpuls wird durch den Starter im Vorschaltgerät (Drosselspule) erzeugt und die Lampe zündet erst, wenn die Elektroden warm sind. Nach dem Starten der Lampe übernimmt das Vorschaltgerät eine weitere Funktion, es stabilisiert den Entladungsvorgang, indem der Strom auf den Lampenbetriebsstrom begrenzt wird.

Die Funktion des Starters wird mit zunehmenden Zündvorgängen beeinträchtigt, weshalb empfohlen wird, den Starter bei jedem Lampenwechsel mit auszutauschen. Ein falscher oder defekter Starter führt häufig zur Frühabschwärzung oder gar zu einem abrupten „Lebensende“ der Lampe.

Die Betriebsweise mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVGs), auf die Solarien umgerüstet werden können, weicht von der konventionellen Stabilisierung ab. Die Leuchtstofflampen werden in diesem Fall mit wesentlich höheren Frequenzen (20 bis 30 kHz) betrieben und der Wirkungsgrad liegt etwa um 10 % höher, was eine bessere Wirtschaftlichkeit bedeutet. Wie beim KVG und Starter werden das Vorheizen der Elektroden, die Zündung und die Stromstabilisierung durch das EVG gewährleistet. Sind die EVGs zudem regelbar, kann die Strahlungsleistung der Lampen gesteuert werden, indem beispielsweise Energie ‚nachgeschoben‘ werden kann und somit der Leistungsrückgang über die Lampeneinsatzdauer kompensiert wird.

Leuchtstofflampen haben eine optimale Betriebstemperatur von etwa 42 °C, bei der sie die maximal mögliche Strahlungsleistung abgeben. Wenn die Lampen infolge unzureichender Kühlung zu warm werden, aber auch, wenn sie zu stark gekühlt werden, erreichen sie nicht ihre volle UV-Strahlungsleistung. Der Lampenhersteller misst immer die optimalen Werte und führt sie in seinen Unterlagen an.

Auch *Hochdrucklampen* müssen in der Regel über ein Vorschaltgerät stabilisiert werden. Weil der Druck jedoch relativ hoch ist, muss mit einer Hochspannung von einigen 1000 Volt gezündet werden, was durch ein gesondertes Zündgerät erfolgt. Ist die Lampe gestartet, benötigt sie einige Minuten Anlaufzeit, bis sie ihre Betriebstemperatur von 750 bis 900 °C erreicht und die volle UV-Strahlung abgibt.

Alle Strahlungsquellen benötigen exakte Betriebstemperaturen. Deren Nichteinhaltung kann zu Lasten der Strahlungsleistung und zur Verkürzung der Nutzlebensdauer führen.

#### **4.3.2 Filterung**

**UV-Leuchtstofflampen** für Solarien erzeugen ein Strahlungsspektrum, das üblicherweise eine zusätzliche Filterung nicht erforderlich macht.

Bei **Hochdrucklampen** ergibt sich ein etwas anderes Bild: Hier wird UV-B und auch noch UV-C abgestrahlt. Außerdem sind der sichtbare Anteil und die Wärmestrahlen erheblich. **Ein sorgfältig auf die Anwendung abgestimmter Filter ist in ein unbedingtes Muss**, was letztlich den Wirkungsgrad im Vergleich zur Leuchtstofflampe verringert.

### 4.3.3 Reflektoren

Die Form und das Material des *Reflektors* bestimmen in erheblichem Maß die geometrische Verteilung der Strahlung in der Nutzfläche und bei spektral unterschiedlichem Reflexionsgrad (z.B. durch die Materialeigenschaften selbst, aber auch durch Verschmutzung oder Korrosion) auch ihre spektrale Zusammensetzung. Hier können alle guten Eigenschaften der Strahlungsquellen wieder zunichte gemacht werden. Der System-Wirkungsgrad gibt Auskunft über die optischen Eigenschaften des Systems (übrigens: eine Reflektor-Leuchtstofflampe stellt ebenfalls schon ein System dar).

### 4.3.4 Kühlung und IR-Absorption

Eine gute *Kühlung* muss sein! Sie ist aus drei Gründen notwendig, da:

- (a) Strahlungsquellen eine optimale Betriebstemperatur besitzen, bei der die Strahlungsleistung am höchsten liegt.
- (b) Hochdrucklampen direktes, intensives Infrarot abstrahlen (auch Leuchtstofflampen tun dies, wenn auch in viel geringerem Umfang).
- (c) auch die Hauttemperatur der sich bestrahlenden Person aufgrund der eingestrahlt Infrarot- und UV-A-Energie (!) so hoch werden kann, dass die Wärme als belastend empfunden werden kann. Besonders bei höheren Raumtemperaturen kann dann leicht eine kritische Grenze überschritten werden.

Das heißt in der Praxis, dass sowohl die Lampen gemäß den Anforderungen des Lampenherstellers zu betreiben sind (auch Leuchtstofflampen müssen bei den hier üblichen kompakten Anordnungen und Höherbelastungen gekühlt werden!) als auch die Kühlung der Filter, Liegeplatte und Personenkühlung so zu lösen ist, dass die Bestrahlung als angenehm und wohltuend empfunden wird. Insbesondere bei der gewerblichen Anwendung ist eine Raumklimatisierung zu empfehlen, weil der Temperatureausgleich im Körper dann besser funktioniert.

#### **Merksätze**

- *UV-Leuchtstofflampen für Solarien benötigen in der Regel keine zusätzlichen Strahlenfilter!*
- *Alle Strahlungsquellen benötigen exakte Betriebstemperaturen. Deren Nichteinhaltung geht zu Lasten der Strahlungsleistung und führt zur Verkürzung der Nutzlebensdauer!*
- *Bei unzureichender Kühlung kann sich die Hauttemperatur deutlich erhöhen, so dass der Benutzer dies als Belastung empfindet!*
- *Filterscheiben und Acrylglasplatte erwärmen sich zunehmend beim Gerätebetrieb!*
- *Die Verteilung der Strahlung in der Nutzfläche wird durch die Strahlungsquelle(n) und durch die Form und die Reflexionseigenschaften der Reflektoren bestimmt!*
- *Staubablagerungen und Verschmutzungen mindern die Bestrahlungsstärke in der Nutzfläche und damit die Wirksamkeit des Gerätes!*

## 4.4 Kennzeichnung von Solarien

Grundlagen der Kennzeichnung und Klassifizierung von Solarien sind die Empfehlung der Strahlenschutzkommission „Schutz des Menschen vor den Gefahren der UV-Strahlung in Solarien“ vom September 2001 und die im Kriterienkatalog des RTS zur Zertifizierung von Solarien zusammengestellten Kriterien und Grenzwerte, die in Anlehnung an die Normen DIN 5050-1 und DIN EN 60335-2-27 festgelegt wurden.

### 4.4.1 Begriffe und Bewertungsgrößen

#### 4.4.1.1 Gleichmäßigkeitsfaktor

Ein Solarium kann je nach Anzahl der Bestrahlungsmodule mehrere Nutzflächen besitzen.

Innerhalb einer jeden **Nutzfläche** muss die Einhaltung des **Gleichmäßigkeitskriteriums**  $g_2 \geq 0,4$  erfüllt sein. Dies bedeutet, dass innerhalb einer jeden Nutzfläche das Maximum der wirksamen Bestrahlungsstärke nicht größer sein darf als der 2,5-fache Wert ihres Minimums. Die Größe  $g_2$  wird als **Gleichmäßigkeitsfaktor** bezeichnet.

#### 4.4.1.2 Erythemwirksame Bestrahlungsstärke

Zur Bewertung der biologischen Wirksamkeit eines Solariums wird seine **erythemwirksame Bestrahlungsstärke**  $E_{er}$  durch Gewichtung der gemessenen spektralen Bestrahlungsstärke in der Nutzfläche mit dem Referenz-Wirkungsspektrum für das UV-Erythem nach CIE berechnet. Maßgebend für die Bewertung ist hierbei der Punkt maximaler Bestrahlungsstärke in der Nutzfläche.

Für die Klassifizierung des spektralen Typs des Solariums wird die erythemwirksame Bestrahlungsstärke  $E_{er}$  in einen Anteil für den Wellenlängenbereich 280–320 nm (UV-B) und in einen Anteil für den Wellenlängenbereich 320–400 nm (UV-A) zerlegt.

#### 4.4.1.3 Sonnen-Erythem-Faktor

Als ein weiteres Kriterium zur Kennzeichnung eines Solariums wird mit Hilfe der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke durch Berechnung des **Sonnen-Erythem-Faktors**  $f_{SE}$  die absolute Erythemwirksamkeit charakterisiert. Hierzu werden die Beträge der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke des Solariums und der Referenzsonne (vgl. Kap. 2.2.1, Abb. 2) miteinander verglichen:

$$f_{SE} = E_{er,Gerät} / E_{er,RS} \quad (3)$$

Mit dem aufgerundeten Betrag  $E_{er,RS} = 0,3 \text{ W/m}^2$  repräsentiert die Referenzsonne annähernd den Maximalwert der in den Tropen in Meeresspiegelhöhe und bei wolkenlosem Himmel mittags zu erwartenden erythemwirksamen Bestrahlungsstärke der Sonne.

Der Sonnen-Erythem-Faktor gibt daher das Verhältnis der vom Bestrahlungsgerät erzeugten erythemwirksamen Bestrahlungsstärke zum annähernden Maximum der Erythemwirksamkeit der Sonne in den Tropen an.

Bei einem Sonnen-Erythem-Faktor kleiner als 1,0 ist das Solarium weniger wirksam als die maximale Tropensonne, während bei einem Sonnen-Erythem-Faktor größer als 1,0 das Gerät eine höhere Wirksamkeit als die intensivste Sonnenstrahlung aufweist.

#### 4.4.1.4 Maximaldauer der Erstbestrahlung und Schwellenbestrahlungszeiten

Für den Kunden unübersehbar und gut lesbar müssen ferner folgende Höchstwerte zulässiger Bestrahlungszeiten angegeben werden:

(1) die zulässige **Maximaldauer der Erstbestrahlung**  $t_{1,er}$  zum Erreichen der (initialen) erythemwirksamen Dosis von  $100 \text{ J/m}^2$  (entsprechend 0,4 MED)

(2) die **Schwellenbestrahlungszeiten**  $t_{s,er}$  zum Erreichen der *Minimalen Erythemdosis* (MED) für die (unvorbestrahlten) Hauttypen II–IV.

Diese Größen werden folgendermaßen berechnet:

– die Maximaldauer der Erstbestrahlung (0,4 MED)

$$t_{1,er} = 100 / E_{er,Gerät} \quad (4)$$

– die Schwellenbestrahlungszeiten zum Erreichen der MED für die unvorbestrahlten Hauttypen II – IV:

$$t_{s,er} = 250 / E_{er,Gerät} \text{ (für Hauttyp II)} \quad (5)$$

$$t_{s,er} = 350 / E_{er,Gerät} \text{ (für Hauttyp III)} \quad (6)$$

$$t_{s,er} = 450 / E_{er,Gerät} \text{ (für Hauttyp IV)} \quad (7)$$

In den Gleichungen (3)–(7) wird  $E_{er,Gerät}$  in  $[\text{W/m}^2]$  angegeben. Die Bestrahlungszeiten  $t_{1,er}$  und  $t_{s,er}$  erhält man zunächst in der Einheit „Sekunden“. Üblicherweise werden die Werte anschließend in „Minuten“ umgerechnet und angegeben.

### 4.4.2 Klassifizierung

#### 4.4.2.1 Gerätegröße (Unterteilung nach der Nutzfläche)

Die Klassifizierung von Solarien erfolgt einerseits nach der Größe der Nutzfläche (Tab. 6) und andererseits nach der Spektralverteilung (Tab. 7).

**Tab 6:** Einteilung der Geräte nach der Nutzflächengröße (DIN 5050-1).

Bestrahlungsgeräte Nutzfläche liegenden Rechtecks Länge [m]	Kurzbezeichnung Breite [m]	Mindestmaße eines in der	
Gesichtsbestrahlungsgerät	<b>S</b>	≥ 0,3	≥ 0,3
Teilkörperbestrahlungsgerät	<b>M</b>	≥ 0,5	≥ 0,5
Ganzkörperbestrahlungsgerät zur einseitigen Bestrahlung	<b>L</b>	≥ 1,6	≥ 0,5
Ganzkörperbestrahlungsgerät zur mehrseitigen Bestrahlung	<b>XL</b>	≥ 1,6	≥ 0,5



**Tab. 7:** Definitionsbereiche und Grenzwerte der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke in den Teilbereichen UV-B und UV-A sowie im Gesamt-UV-Bereich (UV-A + UV-B) gemäß RTS.

Gruppe	Erythemwirksame Bestrahlungsstärke [W/m <sup>2</sup> ] im Bereich		
	UV-B (280 – 320 nm)	UV-A (320 – 400 nm)	UV-A + UV-B (280 – 400 nm)
Ia	< 0,0005	≤ 0,15	< 0,1505
Ib	< 0,0005	0,15 – 0,2995	≤ 0,30
Ic	0,0005 – 0,15	0,15 – 0,2995	≤ 0,30 <sup>1</sup>
Id	0,0005 – 0,15	≤ 0,15	≤ 0,30
II	≤ 0,60	≤ 0,15	≤ 0,60

#### 4.4.2.2 Gerätegruppen (Unterteilung nach spektraler Verteilung)

Hinsichtlich ihrer Erythemwirksamkeit in den Spektralbereichen 280–320 nm (UV-B) und 320–400 nm (UV-A) werden die Solarien in zwei Hauptgruppen eingeteilt, die die Geräte im Unterschied zur Klassifizierung nach DIN EN 60335-2-27 in ihrer erythemwirksamen Gesamtbestrahlungsstärke (UV-A + UV-B) auf Werte begrenzen, die im Maximalfall (Gruppe II) dem doppelten Betrag der Referenzsonne entsprechen. Die Geräte der Gruppe I mit den Untergruppen b – d besitzen eine maximale erythemwirksame Gesamtbestrahlungsstärke, die den Betrag der Referenzsonne nicht übersteigt, während Geräte der Untergruppe Ia höchstens die Hälfte der Sonnenbrandwirksamkeit der Referenzsonne aufweisen dürfen. Hinsichtlich der auf die Spektralbereiche UV-B und UV-A entfallenden Anteile der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke gelten die in Tabelle 7 zusammengestellten Definitionsbereiche und Grenzwerte. Von den Geräten aller Gruppen wird darüber hinaus gefordert, dass die Bestrahlungsstärke im Spektralbereich UV-C vernachlässigbar ist ( $E_{UV-C} < 0,001 \text{ W/m}^2$ ).

**Anmerkung:** Nationale Sicherheitsgremien können Festlegungen vornehmen, die von internationalen technischen Normen abweichen.  
<sup>1</sup>) Für Zertifizierungen vor dem 30.6.2006 gilt der Wert:  $\leq 0,45$ .

Mit den in Tabelle 7 definierten Grenzwerte können die Eigenschaften der Solarien wie folgt charakterisiert werden:

- **Gruppe Ia**

Die Wirkung des Gerätes wird durch UV-A-Strahlung hervorgerufen, deren Erythemwirksamkeit jedoch gering ausfällt (z. B. UV-A-Solarien mit gefilterten Hochdrucklampen).

- **Gruppe Ib**

Die biologische Wirkung des Gerätes ist durch UV-A bedingt, allerdings mit relativ hohen Bestrahlungsstärken (z. B. Intensiv-Solarien mit gefilterten Hochdrucklampen, teilweise auch „Turbobräuner“ genannt).

- **Gruppe Ic**

Die biologische Wirkung des Gerätes basiert sowohl auf UV-A- als auch UV-B-Strahlungsanteilen, wobei im UV-A auf Kosten des UV-B-Anteils eine hohe Bestrahlungsstärke erzeugt werden kann (z. B. Intensiv-Solarien mit gefilterten Hochdrucklampen, die jedoch einen geringen Anteil an UV-B abgeben oder sehr leistungsstarke Solarien mit Standard-Leuchtstofflampen, deren UV-B-Anteil unter 1,0 % liegt).

- **Gruppe Id**

Die biologische Wirkung des Gerätes wird durch UV-B und UV-A hervorgerufen, wobei über den gesamten UV-Bereich eine begrenzte Bestrahlungsstärke eingehalten wird (z.B. Solarien mit Standard-Leuchtstofflampen sowie einige mit schnellbräunenden Leuchtstofflampen).

- **Gruppe II**

Die biologische Wirkung des Gerätes ist zumeist hauptsächlich auf den UV-B-Strahlungsbereich zurückzuführen, die UV-A-Bestrahlungsstärke ist wie bei Gruppe Id begrenzt (z.B. Solarien mit schnellbräunenden Leuchtstofflampen, deren UV-B-Anteil in der Regel oberhalb 1,0 % liegt).

#### 4.4.3 Gerätekenzeichnung

Entsprechend den Zertifizierungskriterien für Solarienbetriebe müssen die Bestrahlungsgeräte folgendermaßen gekennzeichnet werden: Benennung „Bestrahlungsgerät“

- Benennung des Zertifizierungssystems/-standards
- Kurzbezeichnung des Gerätes (nach Nutzflächengröße)

- Sonnen-Erythem-Faktor
- Gerätegruppe nach der Spektralverteilung gemäß Tabelle 7.

Für den Kunden unübersehbar und gut lesbar sind außerdem anzugeben:

- Die Bestrahlungsdauer der Erstbestrahlung ( $100 \text{ J/m}^2 = 0,4 \text{ MED}$ )
- Die Schwellenbestrahlungszeiten für die Hauttypen II – IV.

Bei Geräten mit mehreren Nutzflächen muss die Gerätekennzeichnung für jedes Bestrahlungsmodul angegeben werden. Die Angaben der Schwellenbestrahlungszeiten bezieht sich dann auf das Modul mit der höchsten Erythemwirksamkeit.

Beispiel: Die für ein Solarium mit einem Bestrahlungsmodul bestimmten Ausgangsgrößen zur Kennzeichnung seien:

Nutzfläche: Länge = 1,8 m, Breite = 0,6 m	→	Klasse „L“
$E_{er} = 0,18 \text{ W/m}^2$ (Gesamt-UV-Bereich)	→	$f_{SE} = 0,18 / 0,3 = 0,6$
$E_{er,UV-B} = 0,02 \text{ W/m}^2$ (UV-B) und		
$E_{er,UV-A} = 0,16 \text{ W/m}^2$ (UV-A)	→	Gruppe: „Ic“

Die Gerätekennzeichnung lautet dann:

- (1) „**Bestrahlungsgerät**“ **L-0,6-Gruppe Ic**
- (2) Maximaldauer der Erstbestrahlung: 9 min
- (3) Schwellenbestrahlungsdauer (UV-Erythem):  
Hauttyp II: 23 min / Hauttyp III: 32 min / Hauttyp IV: 42 min

„**Bestrahlungsgerät**“ – Handelsname des Gerätes

**L:** Ganzkörperbestrahlungsgerät zur einseitigen Bestrahlung

**0,6:** Sonnen-Erythem-Faktor  $f_{SE} = 0,6$

**Gruppe Ic:** Gerätetyp Ic nach der Einteilung gemäß Spektralverteilung

#### Merksätze

- Die Klassifizierung der Solarien berücksichtigt die Nutzflächengröße, die Spektralverteilung und die in den Bereichen UV-B und UV-A abgegebene erythemwirksame Bestrahlungsstärke!
- Der Sonnen-Erythem-Faktor ist ein Maß dafür, wie wirksam ein Solarium im Vergleich zur maximalen UV-Strahlung der Sonne ist!
- MED bedeutet **M**inimale **E**rythemwirksame **D**osis!
- Die wirksame Bestrahlungsstärke wird durch Bewertung der spektralen Bestrahlungsstärke mit dem Referenz-Wirkungsspektrum für das UV-Erythem erhalten!

## 4.5 Anforderungen zur Qualitätssicherung

Es werden ausschließlich Geräte zur Nutzung empfohlen, die den in den nachfolgenden Gerätestandards definierten Qualitätskriterien genügen und über ein gültiges Zertifikat (CE-Zertifikat des Herstellers) verfügen. Des weiteren soll das im Kundenkontakt stehende Personal eines Solarienbetriebs über fachliche Kompetenz verfügen, um die Nutzer der Solarien fachgerecht beraten zu können. Hierzu werden Lehrgänge angeboten, die mit einem Leistungsnachweis abgeschlossen werden.

Die Geräte müssen in festen Zeitabständen und nach einem festgelegten Plan gewartet und überprüft werden.

Die Gesamtheit der zur Qualitätssicherung erforderlichen Kriterien wird im Rahmen des Zertifizierungsverfahrens des RTS geprüft.

### 4.5.1 Gerätestandards

- (1) Konstruktion der Bestrahlungsgeräte nach DIN EN 60335-2-27, Einhaltung dieser Anforderungen während der gesamten Lebensdauer (Einsatzzeit) der Geräte, Einhaltung der vom Hersteller für den Betrieb geforderten Umgebungsbedingungen (z.B. hinsichtlich der Umgebungstemperatur). Bei der Überprüfung der wirksamen Bestrahlungsstärke ist eine Messtoleranz von  $\pm 15 \%$  zu berücksichtigen.
- (2) Ausschließliche Verwendung von optischen Originalersatzteilen<sup>1</sup> (Lampen, Filter, Reflektoren) oder von optischen Austauschteilen, die vom Geräte- oder Ersatzteilhersteller dafür zugelassen wurden.
- (3) Vorhandensein einer durch den Nutzer unmittelbar zugänglichen Notabschaltung am Gerät.
- (4) Vorhandensein der geforderten technischen Voraussetzung zur erythemgewichteten Dosierung in Schritten von  $50 \text{ J/m}^2$  ( $= 0,2 \text{ MED}$ ) und zur Zwangsabschaltung nach einer maximalen erythemwirksamen Dosis von  $875 \text{ J/m}^2$  ( $= 3,5 \text{ MED}$ ).
- (5) Einhaltung des geforderten Gleichmäßigkeitsfaktors der Bestrahlungsstärke in der definierten Nutzfläche gemäß DIN 5050-1 von  $g_2 \geq 0,4$ .

<sup>1</sup> Richtlinien für den Ersatz von optischen Bauteilen werden derzeit auf internationaler Basis festgelegt. Diese sollten, sobald sie verfügbar sind, Berücksichtigung finden.

- (6) Begrenzung der Bestrahlungsstärke von Geräten gemäß Tabelle 7 unter Berücksichtigung:
  - (a) vernachlässigbarer Emissionen im Bereich UV-C ( $E_{UV-C} \leq 10^{-3} \text{ W/m}^2$ )
  - (b) der Einhaltung von Mindestabständen nach Angabe des Herstellers bei Geräten, die bauartbedingt variable Entfernungen zum Nutzer zulassen (freistehende Gesichtsbräuner usw.).
- (7) Es werden Schutzbrillen gemäß DIN EN 170 angeboten.
- (8) Führung eines Betriebs- und Prüfbuches gemäß Anlage 9.2
- (9) Vorhandensein der gemäß den Zertifizierungskriterien des RTS geforderten, deutlich sichtbaren und lesbaren sowie dauerhaft angebrachten Geräteaufschriften und Schutzhinweise und ggf. des Mindestabstandes (vgl. Kap. 4.4 und 4.5.2).
- (10) Ausführliche schriftliche Herstellerinformation für den Gerätebetreiber.

## 4.5.2 Geräteaufschriften

Die Solarien bzw. der Bestrahlungsraum im Solarienbetrieb müssen entsprechend den Zertifizierungskriterien des RTS mit verschiedenen, deutlich sichtbaren, gut lesbaren sowie dauerhaft angebrachten Geräteaufschriften und Schutzhinweisen versehen werden. Hierzu gehören:

- (1) die Gerätekennzeichnung (s. Kap. 4.4.3)
- (2) die Höchstbestrahlungszeit der Erstbestrahlung und die Schwellenbestrahlungszeiten für die unvorbestrahlten Hauttypen II – IV sowie
- (3) folgenden Schutzhinweis:  
„Vorsicht! UV-Strahlung kann Schäden an Augen und Haut verursachen. Schutzhinweise beachten.“

Die Gerätekennzeichnung und die Warnhinweise müssen direkt am Bestrahlungsgerät angebracht sein.

Die Hinweise für die Höchstbestrahlungszeit und für die Schwellenbestrahlungszeiten können direkt am Bestrahlungsgerät und/oder alternativ in deutlich sichtbarer und gut lesbarer Form in der Bestrahlungskabine in eindeutiger Zuordnung zum betreffenden Bestrahlungsgerät angebracht sein.

## 4.5.3 Wartung und Betriebsbuch

Gerätepflege, lange Nutzungsdauer und die Einhaltung der geforderten Qualitätskriterien sind eng gekoppelt. Hierzu sind vom Gerätehersteller ausreichend Informationen in der Gebrauchsanleitung zur Verfügung zu stellen. Wartungsintervalle sind im Prüf- und Betriebsbuch festgelegt. Wartungsarbeiten wie Reparaturen oder der Austausch optischer Bauteile müssen im Prüf- und Betriebsbuch dokumentiert werden (s. Anhang 9.2). Die Ergebnisse der Wartungs- und Reparaturarbeiten sind mit Datum, Art der Maßnahme und der ausgewechselten Bauteile sowie ggf. der Ergebnisse der Geräteneuermessung im Betriebsbuch festzuhalten.

### 4.5.3.1 Wartungs- und Kontrollmaßnahmen

Die Wartung der Geräte muss umfassen:

- die regelmäßige Inspektion der Geräte (insbesondere die der sicherheitsrelevanten Bauteile (Lampen, Filter, Reflektoren und Dosiervorrichtung) auf Unversehrtheit und Funktion aller Komponenten.
- die regelmäßige Reinigung der Bestrahlungsgeräte und der Bestrahlungskabinen.
- Desinfektion (und gegebenenfalls Reinigung) der Auflagefläche **nach jeder Nutzung** des Bestrahlungsgerätes (falls die hygienischen Anforderungen nicht durch andere Maßnahmen, z.B. durch Verwendung von „Einmalfolien“ als Unterlage, erfüllt werden, s. Kap. 6).
- Die im Betriebshandbuch vom Hersteller vorgegebenen Wartungsintervalle sind einzuhalten und zu dokumentieren.

Wartungs- und eventuelle Reparaturarbeiten an den eingesetzten Bestrahlungsgeräten müssen so durchgeführt werden, dass die Geräte nach vollzogener Arbeit dem ursprünglichen Zustand der Zertifizierung entsprechen (vgl. 4.5.3.2).

### 4.5.3.2 Austausch optisch wirksamer Bauteile

Bei Wechsel optisch wirksamer Bauteile (Lampen, Filter, Reflektoren) müssen entweder Originalersatzteile des Herstellers verwendet werden oder Ersatzteile, die durch den Geräte- oder Ersatzteilhersteller als äquivalent deklariert wurden. Hierzu werden gegenwärtig auf internationaler Basis Richtlinien diskutiert.

Wird infolge des Austauschs von optisch wirksamen Bauteilen die biologische Wirksamkeit des Solariums deutlich verändert (beispielweise Wechsel in eine andere Gerätegruppe), so ist vor seiner gewerblichen Anwendung eine Neubewertung (spektrale Messung) und Kennzeichnung im Rahmen des Zertifizierungsverfahrens erforderlich.

### Entsorgung von verbrauchten Lampen

Leuchtstofflampen und Hochdruckstrahler sind infolge ihres Quecksilbergehaltes **Sondermüll** und müssen entsprechend entsorgt werden. Die Entsorgung mit dem Hausmüll ist strafbar!

Die örtlichen Behörden geben darüber Auskunft, wo die Lampen entsorgt werden können. Darüber hinaus gibt es eine Liste des ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V.<sup>1)</sup>, in der alle in Deutschland bekannten Entsorgungsunternehmen für Entladungslampen aufgeführt sind.

<sup>1)</sup> ZVEI, Bonner Talweg 2, 53113 Bonn, Tel.: 0228-21 60 88, Telefax: 0228-22 95 08

### **Merksätze**

- *Alterungen betreffen alle optischen Bauteile, insbesondere aber Lampen!*
- *Die von Lampen- und Geräteherstellern empfohlene Nutzlebensdauer von Lampen sollten beachtet werden!*
- *Lampenersatz nur durch Originalersatzlampen oder durch äquivalente Lampen!*
- *Leuchtstoff- und Hochdrucklampen sind Sondermüll!*
- *Lampenentsorgung mit dem Hausmüll ist verboten!*

## **4.5.4 Qualitätskontrolle und Zertifizierung**

Die Prüfung zur Zertifizierung RTS-gerechter Solarienbetriebe wird durch autorisierte Institutionen / Personen vorgenommen und umfasst folgende Kriterien:

die technische Überprüfung der Solarien nach Kriterienkatalog (vgl. Kap. 4.5.1).

die Hygienestandards (s. Kap. 6 und Anlage 9.3 „Hygienebedingungen“)

den Ausbildungsstand des im Kundenkontakt stehenden Personals

Qualifikationsnachweis durch Teilnahme an einer zertifizierten Schulung mit erfolgreichem Abschlusstest

Nachweis über Fortbildungs- und Auffrischkursen (im Abstand von jeweils fünf Jahren nach der Erstqualifikation)

die Erfüllung der Anforderungen zur Information und Beratung der Kunden.

Das Zertifikat hat eine Gültigkeitsdauer von drei Jahren.

Die Akkreditierung der Zertifizierungsstellen erfolgt durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Die bestehenden Zertifikate der Akademie für Besonnung e.V. (AfB) im Hinblick auf den Nachweis der erforderlichen Fachkenntnisse gelten für eine Übergangsfrist von 5 Jahren, soweit sie nicht dem im RTS-Kriterienkatalog geforderten Ausbildungsnachweis für im Kundenkontakt stehendes Personal entsprechen.

# **5. DOSIERUNG UND BEGRENZUNGEN VON UV-HAUTEXPOSITIONEN**

## **5.1 Ausschlusskriterien**

Zur Begrenzung möglicher gesundheitlicher Risiken wurden in der Empfehlung der Strahlenschutzkommission „Schutz des Menschen vor den Gefahren der UV-Strahlung in Solarien“ (September 2001) Einschränkungen und Ausschlusskriterien für die Nutzung von Solarien festgelegt. Die Beachtung dieser Kriterien gilt insbesondere für den Betrieb von Solarien in zertifizierten Solarienbetrieben.

- (a) Die Nutzung eines Solariums zu Bräunungszwecken ist grundsätzlich auszuschließen:
- für Kinder und Jugendliche bis zum Alter von 18 Jahren
  - für Personen des UV-Hauttyps I
  - bei akuten Erkrankungen
  - bei krankhaften Hautreaktionen oder Verstärkung von Hautleiden infolge Sonnenbestrahlung
  - falls die Haut eine große Zahl (mehr als 40–50) von Pigmentmalen (Naevi), atypische Pigmentmale und/oder angeborene (congenitale) große Pigmentmale aufweist
  - falls die Haut auf Sonne zur Bildung von Sommersprossen/Sonnenbrandflecken (Lentigines) neigt
  - falls viele Sonnenbrände in der Kindheit erlitten wurden
  - falls die Haut Vorstufen von Hautkrebs zeigt, eine genetische Prädisposition für Hautkrebs besitzt, eine Hautkrebserkrankung vorliegt oder vorlag
  - nach einer Organtransplantation
  - falls bei Blutsverwandten ein malignes Melanom auftrat.
  - Wenn in Einzelpunkten Unklarheit besteht, ist ein Arzt zu befragen.
- (b) Bei Vorliegen von Hautkrankheiten kann durch UV-Hautbestrahlungen im Solarienbetrieb eine akute Gesundheitsgefährdung ausgehen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn
- die Bestrahlung im Solarium zusätzlich zu einer UV-Therapie erfolgt,
  - Substanzen oder Medikamente therapeutisch genutzt werden, die in Verbindung mit UV-Strahlung krebsfördernd wirken können (z.B. teerhaltige Salben),
  - photosensibilisierende oder phototoxische Substanzen in der Therapie eingesetzt werden.
  - Vor der Nutzung eines Solariums ist der behandelnde Hautarzt zu konsultieren.

- (c) Auf Grund der Möglichkeit photoallergischer, photosensibilisierender oder phototoxischer Reaktionen ist bei der Nutzung eines Solariums weiterhin darauf zu achten, dass
- auf die Haut aufgetragene Kosmetika möglichst einige Stunden vor der Bestrahlung entfernt wurden
  - während der Bestrahlung keine Sonnenschutzmittel verwendet werden
  - innerlich oder äußerlich keine Medikamente oder Mittel angewandt wurden, die eine photosensibilisierende Wirksamkeit aufweisen können (s. Anhang 9.1).
- (d) Zur Vermeidung akuter (und auch chronischer) Augenschäden ist folgendes zu beachten:
- keine Bestrahlung ohne UV-Schutzbrille.

## 5.2 Individuelle Dosierung von UV-Hautexpositionen und Bestrahlungsplan

Neben der Beachtung der unter 5.1 genannten Ausschlusskriterien ist es zur Begrenzung des Gesundheitsrisikos wichtig, die nachfolgenden Grundsätze der Dosierung von UV-Hautbestrahlungen einzuhalten:

- (a) UV-Hautbestrahlungen müssen stets unter Vermeidung eines Sonnenbrandes erfolgen.
- (b) Ist trotzdem ein Sonnenbrand aufgetreten, so müssen weitere Bestrahlungen bis zum vollständigen Abklingen des Sonnenbrandes ausgesetzt werden.
- (c) Die Bestrahlungen dürfen nicht zu häufig erfolgen und müssen in ihrer Gesamtzahl und innerhalb einer Bestrahlungsserie begrenzt sein.
- (d) Nach einer Bestrahlungsserie ist eine Bestrahlungspause einzulegen, die der Gesamtdauer der Bestrahlungsserie entsprechen soll.

Nach diesen Grundsätzen wurden in der DIN 5050/2 und in der Empfehlung der Strahlenschutzkommission die nachfolgenden Richtlinien zur Dosierung abgeleitet.

### 5.2.1 Dosierung der Einzelbestrahlungen

- (1) Der vorgegebene Mindestabstand ist – falls nicht ohnehin apparativ definiert – bei jeder Bestrahlung einzuhalten.
- (2) Die zulässige erythemwirksame Höchstdosis der Erstbestrahlung beträgt für alle Hauttypen  $100 \text{ J/m}^2$  (= 0,4 MED).
- (3) Als zulässige Höchstwerte einzelner UV-Bestrahlungen ( $H_{s,er}$ ) für die Hauttypen II – IV werden die Beträge ihrer Minimalen Erythemschwelldosis (MED) empfohlen:
  - $H_{s,er} = 250 \text{ J/m}^2$  (= 1,0 MED) für Hauttyp II
  - $H_{s,er} = 350 \text{ J/m}^2$  (= 1,4 MED) für Hauttyp III
  - $H_{s,er} = 450 \text{ J/m}^2$  (= 1,8 MED) für Hauttyp IV.
- (4) Falls der Hauttyp nicht bekannt ist, muss die Höchstdosis für Hauttyp II eingehalten werden.

### 5.2.2 Bestrahlungshäufigkeit und kumulative Dosen

- (1) Maximal eine UV-Exposition am Tag.  
(Dies gilt für Bestrahlungen in der Sonne und im Solarium. Niemals am gleichen Tag Sonnenbaden und ein Solarium benutzen).
- (2) Pausen von 2 bis 3 Tagen zwischen den Bestrahlungen einlegen.
- (3) Bei aufgetretenem Sonnenbrand erst weiterbestrahlen, wenn dieser vollständig abgeklungen ist.
- (4) Maximal 3 Bestrahlungen pro Woche.
- (5) Maximal 10 Bestrahlungen im Monat.
- (6) Maximal 10 Bestrahlungen pro Serie werden empfohlen. Danach ist eine entsprechende Pause einzulegen.
- (7) Es werden maximal 50 Sonnenbäder oder Solarienwendungen pro Jahr mit der folgenden kumulativen Jahreshöchstdosis (Höchstdosis per anno,  $H_{er,a}$ ) empfohlen:
  - $H_{er,a} = 12,5 \text{ kJ/m}^2$  (= 50 MED) für Hauttyp II
  - $H_{er,a} = 17,5 \text{ kJ/m}^2$  (= 70 MED) für Hauttyp III
  - $H_{er,a} = 22,5 \text{ kJ/m}^2$  (= 90 MED) für Hauttyp IV.

## 6. HYGIENE IM SOLARIENBETRIEB

Hygiene ist die zusammenfassende Bezeichnung für den Bereich der Medizin, der sich mit der Erhaltung und Förderung der Gesundheit des einzelnen Menschen oder der gesamten Bevölkerung befasst. Solarien in Solarienbetrieben können auf Grund des in der Regel häufigen Wechsels der sie benutzenden Personen Quellen von Infektionen mit pathogenen Keimen (Bakterien, Pilzen und Viren) sein. Bakterien und Pilze treten bevorzugt dort auf, wo es warm und feucht ist. Diese Bedingungen sind im Solarienbetrieb in verschiedenen Bereichen gegeben.

Bei Einhaltung hygienischer Maßnahmen kann jedoch die Ansteckungsgefahr auf ein Minimum reduziert werden. Hierbei kommt der Desinfektion besondere Bedeutung zu, bei der Erreger ansteckender Krankheiten in ihrer Wirkung gehemmt oder abgetötet werden,

so dass von ihnen keine Infektion mehr ausgehen kann. Generell richten sich Desinfektionsmaßnahmen gegen Bakterien, Viren und Pilze (bakterizid, viruzid und fungizid) und wirken damit gegen alle Mikroorganismen, die in der Natur in großer Vielfalt vorkommen.

Während einige der zahlreichen Bakterienarten direkte Krankheitserreger für bakterielle Infektionen sind, benötigen Viren zu ihrer Vermehrung immer lebende Zellen als Wirt und verursachen virale Infektionen. Pilzinfektionen treten vor allem auf der Hautoberfläche auf und verursachen dort Entzündungen, insbesondere im Bereich der Zehenzwischenräume, der Leistenbeugen, aber auch auf der Hautoberfläche des Oberkörpers.

Solche Krankheiten können im Solarienbetrieb durch direkten Kontakt auftreten, wenn die Geräte, insbesondere die Liegefläche, der Sanitärbereich und der Fußboden (Pilzinfektionen!) nur ungenügend desinfiziert werden.

Im Solarienbetrieb desinfiziert man am besten mit hautfreundlichen Desinfektionsmitteln, die gleichzeitig der Reinigung dienen. Weiterhin sollte das Desinfektionsmittel auch materialschonend sein und die Acrylglasflächen nicht angreifen oder deren Haltbarkeit beeinträchtigen. Folgende Grundregeln sind zu beachten:

- **Die Liegefläche der Solarien nach jeder Benutzung desinfizieren.**  
Um sicher zu stellen, dass die Desinfektion durchgeführt wird, sollte sie vom Studiobetreiber und dessen Personal durchgeführt werden. Auch das Deckengerät und dessen Abdeckscheiben sollten regelmäßig gereinigt und desinfiziert werden.
- **Einwirkzeit des Desinfektionsmittels beachten.**  
Es gibt Desinfektionsmittel mit Einwirkzeiten bis zu 30 Minuten und andere, die innerhalb 30 Sekunden ihre Wirkkraft entfalten. Wichtig ist, dass erst nach Beendigung der Einwirkzeit die Liegefläche weitergereinigt und das Gerät erst danach für den nächsten Kunden freigegeben wird.
- **Desinfektionsmittel nach Gebrauchsanweisung verwenden.**  
Beispielsweise die angegebene Konzentration (Mischungsverhältnis mit Wasser) einhalten.
- **Fußboden und Sanitärbereich täglich mindestens einmal desinfizieren.**  
Der Sanitärbereich ist die Visitenkarte eines Unternehmens und wird von Gesundheitsämtern ebenfalls kontrolliert. Kundentoiletten sollten vorhanden sein. Auch hier ist auf peinliche Sauberkeit zu achten.

Alternativ zur Desinfektion der Acrylglasliegeflächen können auch Einmalfolien verwendet werden. Der Einsatz von Einmalfolien geht allerdings mit einem Verlust an Bestrahlungsstärke einher.

Sofern die Bestrahlung nur von oben erfolgt, können auch saubere Unterlagen wie beispielsweise eigene Handtücher benutzt werden. Die Einhaltung der Hygienestandards ist Bestandteil der Zertifizierung eines Solarienbetriebs. Die Kriterien zur Überprüfung der allgemeinen Hygienebedingungen sind im Anhang 9.3 zusammengestellt.

#### **Merksätze**

- *Der Kunde hat ein Anrecht auf Hygiene im Studio!*
- *Desinfektion verhindert Infektionen!*
- *Die vom Hersteller angegebene Einwirkzeit des Desinfektionsmittels muss unbedingt eingehalten werden!*
- *Liegeflächen müssen nach jeder Benutzung desinfiziert werden!*

## **7. KUNDENGESPRÄCH UND -BERATUNG**

Vor der Erstnutzung eines Solariums ist dem Kunden ein Beratungsgespräch mit folgenden Schwerpunkten anzubieten:

- (1) Motivationsexploration
- (2) Feststellung der Eignung durch Überprüfung der Ausschlusskriterien (Alter, Hauttyp I, Medikamente, Kosmetika, Hautkrankheiten, ..., s. Katalog A)
- (3) Information über mögliche Risiken
  - Aushändigung Informationsmaterial (entsprechend Katalog E)
  - Aushändigung der Schutzbrille
  - Einverständniserklärung (entsprechend Katalog F)
- (4) Bestimmung des Hauttyps (entsprechend Katalog B)
- (5) Erstellung eines detaillierten Dosierungsplans (entsprechend Katalog C) unter Berücksichtigung des Hauttyps, der Anzahl und Dosierung vorausgegangener Bestrahlungen im Solarium und in der Sonne sowie des Adaptationszustandes der Haut
- (6) Information über ergänzende Solarienkosmetik (After Sun)



## 8. ERSTE HILFE IM SOLARIENBETRIEB

Sollte es im Solarienbetrieb trotz fachgerechter Beratung und Nutzung von zertifizierten Bestrahlungsgeräten und -plänen zu gesundheitlichen Problemen kommen, die evtl. infolge der Bestrahlung oder aber des allgemeinen Gesundheitszustandes des Benutzers auftreten, sollte das Personal in der Lage sein, Erste-Hilfe-Maßnahmen einzuleiten oder, im Falle von in Erster Hilfe ausgebildetem Personal, diese anzuwenden. Sollte die eigene Kenntnis im gegebenen Fall eines gesundheitlichen Problems nicht ausreichen, ist die erste Regel:

**Notruf oder bekannten Arzt benachrichtigen!**

Um Hilfestellung für eventuell notwendige Soforthilfe geben zu können, sind im Folgenden einige Maßnahmen entsprechend den Empfehlungen des Deutschen Roten Kreuzes (2002) angegeben:

### Beispiele

#### a) Schock

##### **Erkennen**

- Fahle Blässe
- Unruhe
- Frieren
- Schmerzen
- Angst, Fassungslosigkeit
- Evtl. kalte Haut
- (die Symptome treten nicht immer alle und gleichzeitig auf!)

##### **Maßnahmen**

- Notruf
- Ermutigung, trösten, betreuen
- Betroffene hinlegen und warm zudecken
- Evtl. Beine hochlagern
- Für Ruhe sorgen
- Bei Bewusstlosigkeit und vorhandener Atmung: stabile Seitenlage

#### b) Bewusstlosigkeit

(es besteht akute Lebensgefahr !)

##### **Erkennen**

- Leblose Person

##### **Maßnahmen**

- Notruf
- Bei Atemstillstand: 2x Beatmen
- Atmung erneut prüfen, auf Bewegungen prüfen
- Falls Atmung vorhanden: stabile Seitenlage

#### c) Herzinfarkt

##### **Erkennen**

- Der Betroffene hat Schmerzen hinter dem Brustbein, die oft in den linken Arm, die Schulter oder den Oberbauch ausstrahlen
- Der Betroffene kann sehr unruhig (Todesangst!), aber auch sehr ruhig sein
- Evtl. klagt der Betroffene über Übelkeit

##### **Maßnahmen**

- Notruf
- Den Betroffenen ansprechen, Atmung prüfen
- Ist der Betroffene bei Bewusstsein, schonend und bequem mit erhöhtem Oberkörper lagern
- Enge Kleidung öffnen, für frische Luft sorgen
- Aufregung und Unruhe unbedingt vermeiden

#### d) Schlaganfall

##### **Erkennen**

- Lähmungen an Armen und Beinen (Halbseitenlähmung)
- Gesichtslähmung mit herabhängenden Mundwinkeln und einseitig geschlossenem Augenlid
- Sprachstörungen und Schluckbeschwerden
- Bewusstlosigkeit und Kreislaufstörungen

### **Maßnahmen**

Notruf  
Kontrollieren der Lebensfunktionen  
Bei Bewusstlosigkeit und vorhandener Atmung: stabile Seitenlage  
Falls der Betroffene bei Bewusstsein ist, ihn bequem und mit erhöhtem Oberkörper lagern  
Die gelähmten Körperteile umpolstern

### **e) Erstickten**

#### **Erkennen**

Atemnot  
evtl. starker Hustenreiz  
pfeifendes Atemgeräusch

#### **Maßnahmen**

Notruf  
Dem vorneübergebeugten Betroffenen mit kräftigen Schlägen zwischen die Schulterblätter zu Husten bringen  
Atemspende bei Atemstillstand (von geschultem Personal)

### **f) Überhitzung (Sonnenstich)**

#### **Erkennen**

Betroffener hat hochroten Kopf  
Schwindel, Nackensteifigkeit, Übelkeit, Erbrechen  
auch bei Bewusstlosen möglich

#### **Maßnahmen**

Notruf  
Betroffenen flach mit erhöhtem Kopf lagern  
Kopf mit feuchten, kalten Tüchern kühlen  
Bei Bewusstlosen und vorhandener Atmung: Stabile Seitenlage

### **g) Verbrennungen**

#### **Erkennen**

Rötung der Haut  
Blasenbildung auf der Haut

#### **Maßnahmen**

Notruf  
Verbrannte Körperstellen sofort mit kaltem Wasser übergießen (möglichst fließendes Wasser, mindestens 15 Min.) oder in kaltes Wasser eintauchen  
Kühlung unterbrechen, wenn es dem Betroffenen unangenehm wird  
Betroffene zudecken  
Schockbekämpfung  
Bei Bewusstlosigkeit und vorhandener Atmung: stabile Seitenlage

### **h) Verletzungen des Auges**

#### **Erkennen**

Schmerzen der Augen  
Sehstörungen  
Rötung der Augen

#### **Maßnahmen**

Notruf  
Augenarzt benachrichtigen

### **Im Fall nicht bekannter Symptome: IMMER NOTRUF**

Die **5 W's** des Notruf beachten:

- W**o ist es passiert
- W**as ist passiert
- W**ieviel betroffen
- W**elche Verletzungen
- W**arten auf Rückfragen

Eine Liste mit Notrufnummern und Adressen sowie Rufnummern und Adressen von ortsansässigen Allgemeinmedizinern, Dermatologen und Augenärzten soll für den Solariennutzer und das Personal sichtbar im Solarienbetrieb angebracht werden.  
Der hier erstellte Text soll im Solarium vorhanden sein.



## 9. ANLAGEN

### 9.1 Liste phototoxischer (t) und photoallergischer (a) Medikamente und Duftstoffe

(vgl. SSK-Empfehlung „Schutz des Menschen vor den Gefahren der UV-Strahlung in Solarien Nummer 6, 2001).

Pharmakologische Stoffgruppe	Kurzbezeichnung / Stoffklasse	Handelsname
<b>Innerliche Anwendung</b>		
Antibiotika/ Chemotherapeutika	Ciprofloxacin Co-trimoxazol Dapson Damaclocyclin Doxycyclin Flucytosin Griseofulvin Lincomycin Minocyclin Nalidixinsäure Norfloxacin Ofloxacin Oxytetracyclin Pyrazinamid Sulfonamide Tetracyclin Trimethoprim	ciprobay Bactrim u.a. Dapson-Fatol Ledermycin (t) Vibramycin N u.a. (t) Ancotil Fulcin S u.a. (a) Albiotic (a) Klinomycin u.a. (t) Nogram (a, t) Barazan u.a. Tarivid Tetra Tablinen u.a. (t) Pyrafat u.a. (a) z. B. Longum (a, t) Hostacyclin u.a. (t) Trimanyl u.a.
Antidiabetika	Glibenclamid Glipizid Tolbutamid	Euflucon N u.a. (a) Glibenese (a) Rastinon u.a.
Antihistaminika	Cypropheptadin Diphenhydramin	Peritol (a) Benadryl N u.a.
Antirheumatika	Azapropazon Diflunisal Goldsalze Ibuprofen Indometazin Ketoprofen Nabumeton Naproxen Phenylbutazon Piroxicam Tiaprofensäure	Tolyprin Fluniget z.B. Aureotan (a) Brufen u.a. Amuno u.a. (a) Alrheumon u.a. Arthaxan Proxen u.a. (t) Butazolidin u.a. (a) Felden u.a. (a, t) Surgam (t)
Bluthochdruckmittel	Captopril Diltiazem Methyldopa Minoxidil Nifedipin	Lopirin u.a. (t) Dilzem u.a. Presinol u.a. Lonolox Adalat u.a.
Diuretica	Amilorid Acetazolamid Chlortalidon Furosemid Metolazon Thiaziddiuretika (a) wie Bendroflumethiazid Hydrochlorothiazid Polythiazid Trichlormethiazid Triamteren	in Moduretik u.a. Diamox u.s. Hygroton u.a. (a) Lasix u.a. (t) Zaroxolyn in Docidrazin u.a. (a) Esidrix u.a. (a) Polypress (a) Esmalorid (a) Jatropur
Krebsmittel	Dacarbazin Fluorouracil	D.T.I.C. (t) Fluorblastin u.a. (t)

Krebsmittel	Flutamid Methotrexat Vinblastin	Fugerel Methotrexat Lederle u.a. Velbe u.a. (t). Malariamittel
Malariamittel	Chinin Chloroquin Mefloquin	Chininum Sulf. u.a. (a) Resochin u.a. (a) Lariam (a)
Psychopharmaka	Alprazolam Barbiturate Chlordiazepoxid Haloperidol	Tafil u.a. z.B. Luminal (a) Librium u.a. (a) Haldol u.a.
	Phenothiazin-Neuroleptika wie Chlorpromazin Fluphenazin Levomepromazin Perphenazin Promethazin Thioridazin Trifluperazin Triflupromazin	Propaphenin (a,t) Dapotum u.a. (a) Neurocil u.a. (t) Decentan (a) Atosil u.a. (a) Melleril (a,t) Jatroneural (t) Psyquil (a,t)
	trizyklische Antidepressiva (a) wie Amitriptylin Clomipramin Desipramin Doxepin Imipramin Maprotilin Nortriptylin Trazodon Trimipramin	Saroten u.a. (a) Anafranil u.a. (a) Pertofran u.a. (a) Aponal u.a. (a) Tofranil u.a. (a) Ludiomil u.a. (a) Nortrilen (a) Thombran (a) Stangyl u.a. (a)
Sonstige Wirkstoffe	Azathioprin Benzylamin Carbamezepin Chinidin Disopyramid Fibrat-Lipidsenker wie Clofibrat Fenofibrat Kontrazeptiva, orale (a) Phenprocoumon und andere Kumarine (t) Procain Pyritinol Retinoide wie Acitretin Isotretinoin	Imurek u.a. (a) Tantum (a,t) Tegretal u.a. (a) Optochinidin u.a. (a) Rythmodul u.a.  Regelan N u.a. Lipanthyl u.a.  Marcumar u.a. (t) Novocain u.a. (a) Encephabol u.a. (a,t)  Neotigason Roaccutan
<b>Äußerliche Anwendung</b>		
	ätherische Öle wie Bergamott-, Lavendel-, Limonen-, Sandelholz-, Zedern-, Zitronenöl Amantadin Benzocain Benzoylperoxid Desoximetason Hexachlorophen Methoxypsoralen Moschus Tretinoin Steinkohlenteer	in Parfums und Kosmetika  Symmetrel u.a. (a) Anaesthesin u.a. (a) PanOxyl u.a. Topisolon  in Aknefug Simplex Creme u.a. Meladinine (t) in Parfums Epi-Aberel u.a. Berniuter u.a.

## 9.2 Prüf- und Betriebsbuch

Als Basis für die strahlenphysikalischen Angaben/Messwerte sind DIN EN 60335-2-27 bzw. DIN 5050-1 in der jeweils gültigen Fassung heranzuziehen.

### Gerät

Hersteller: .....

Importeur/Lieferant:.....

Baujahr: ..... Serien- Nr. .... UV-Bestrahlungsgeräte Typ: .....

Optisch wirksame Bauteile des UV-Bestrahlungsgerätes

UV-Lampen: .....

Filter: .....

Kürzester empfohlener Bestrahlungsabstand:

..... cm  durch die Bauart des UV-Bestrahlungsgerätes vorgegeben

Erythemwirksame UV-A Bestrahlungsstärke beim kürzesten der empfohlenen Bestrahlungsabstände: ..... W/m<sup>2</sup> (max. siehe Tabelle 1)

Erythemwirksame UV-B Bestrahlungsstärke beim kürzesten der empfohlenen Bestrahlungsabstände: ..... W/m<sup>2</sup> (max. siehe Tabelle 1)

UV-C Bestrahlungsstärke beim kürzesten der empfohlenen Bestrahlungsabstände: ..... W/m<sup>2</sup> (max. 1 mW/m<sup>2</sup>)

Anfangsbestrahlungsdauer für eine erythemwirksame Bestrahlung von 100 Joule/m<sup>2</sup> beim kürzesten der empfohlenen Bestrahlungsabstände: ..... Min. (max. .... Min)

Schwellenbestrahlungsdauer beim kürzesten der empfohlenen Bestrahlungsabstände: ..... min für 250 J/m<sup>2</sup>

..... min für 350 J/m<sup>2</sup>

..... min für 450 J/m<sup>2</sup>

Zwangsabschaltung bei ..... min (max. 875 J/m<sup>2</sup>)

Dosierungsschritte (0,2 MED) ..... min (max. 50 J/m<sup>2</sup>)

Einhaltung der Bestrahlungsgleichmäßigkeit nach DIN 5050/1  ja  nein

Notabschaltung vorhanden und funktionstüchtig  ja  nein

Geräteaufschriften nach DIN EN 60335-2-27 bzw. DIN 5050/1 vorhanden  ja  nein

*Bei der Überprüfung ist eine Messtoleranz von ± 15% zu berücksichtigen.*

### Zubehör

Hinweistafeln in der Kabine nach SSK-Empfehlung vorhanden  ja  nein

Schutzbrillen nach DIN EN 170 sind vorhanden  ja  nein

### Zeitschaltuhr

Hersteller: .....

Maximale Abschaltzeit der Zeitschaltuhr: .....

Angaben über die Einstellskala der Zeitschaltuhr: .....

### Wartungsintervall

Alle ..... Betriebsstunden nach Herstellerangaben  ja  nein

Mindestens alle 2 Jahre  ja  nein

Für die Richtigkeit der vorstehenden Angaben

Ort : ..... Datum: .....

Firmenmäßige Zeichnung durch einen Vertreter des Lieferanten:

.....

**Wartungsprotokoll**

Das UV-Bestrahlungsgerät wurde am ..... gewartet und geprüft.

Stand des Betriebsstundenzählers .....

Folgende Mängel sind zu beheben	ausgewechselte Bauteile	Mängel behoben durch	Mängel behoben am

- Frist zur Behebung der Mängel: .....
- Die Mängel wurden sofort behoben
- Das UV-Bestrahlungsgerät
  - ist zur weiteren Verwendung geeignet
  - darf nicht in Betrieb genommen werden

Die Wartungsprotokolle sind vom Betreiber und dem Prüfer zu unterzeichnen

Ort : ..... Datum: .....

Name und Anschrift ..... Der für die Prüfung Verantwortliche: .....

..... Der Betreiber: .....

**Lampenwechsel**

- Austausch mit Original – Strahlungsquellen
- Austausch mit äquivalenten Strahlungsquellen der Type(n): \_\_\_\_\_

Diese Strahlungsquellen sind:

- gleichartig (siehe Konformitäts- bzw. Gleichheitszertifikat in der Beilage)
  - nicht gleichartig
- Daraus resultierende Änderungen (Bestätigung durch Inverkehrbringer in der Beilage \*)

Bestrahlungszeiten: \_\_\_\_\_

UV-Bestrahlungsgerät Typ: \_\_\_\_\_

Sonstiges: \_\_\_\_\_

Ort : ..... Datum: .....

Name und Anschrift ..... Der für die Prüfung Verantwortliche: .....

..... Der Betreiber: .....

\*) Unter Umständen ist eine spektrale Neuvermessung des UV-Bestrahlungsgerätes gemäß DIN EN 60335 – 2 – 27 oder DIN 5050/1 notwendig.

### Anweisungen zur wiederkehrenden Prüfung:

Es sind der Zustand und die Funktion (insbesondere der Sicherheitseinrichtungen) der Anlage nach der bei der Übernahme übergebenen Betriebs- und Wartungsanleitung durch fachkundiges und bevollmächtigtes Personal zu prüfen.

### Erläuterungen für das Ausfüllen des Prüfbuches:

Die Angaben im Prüfbuch müssen mit den Angaben auf dem Herstellerschild, der Konformitätsbescheinigung und den Auftragsdokumenten (Auftragsbestätigung, Lieferschein, Leistungsdaten) übereinstimmen.

Zusätzliche Einrichtungen und Angaben, die in den Spalten nicht untergebracht werden können, sind unter Bemerkungen, z.B. unter Verwendung von Fußnoten, einzutragen.

Bei Verwendung von EDV-Ausdrucken ist der Inhalt der zutreffenden Seiten zu übernehmen und die Ausdrücke sind dauerhaft an den entsprechenden Stellen im Prüfbuch einzufügen.

**Tabelle 1** Begrenzung der Bestrahlungsstärke der Geräte

	Erythemwirksame Bestrahlungsstärke [W/m <sup>2</sup> ]		
	UV-B (280–320 nm)	UV-A (320–400 nm)	UV-A + UV-B (280–400 nm)
Gruppe I	< 0,0005	≤ 0,15	< 0.1505
	< 0,0005	0,15 – 0,2995	≤ 0,30
	0,0005 – 0,15	0,15 – 0,2995	≤ 0,30 <sup>1)</sup>
	0,0005 – 0,15	≤ 0,15	≤ 0,30
Gruppe II	≤ 0,60	≤ 0,15	≤ 0,60

<sup>1)</sup> Für Zertifizierungen vor dem 30.6.2006 gilt der Wert: ≤ 0,45

## 9.3 Kriterien zur Überprüfung der allgemeinen Hygienebedingungen in Solarienbetrieben

Anlage 3: Kriterien zur Überprüfung der allgemeinen Hygienebedingungen in Solarienbetrieben

Wie viele Einzelkabinen sind vorhanden?		
Ist ein Wartezonenbereich vorhanden?	ja	nein
Ist eine Aufsichtsperson während der Betriebszeit in der Betriebsstätte?	ja	nein
Wird nach jeder Benutzung das Solarium gereinigt?	ja	nein
Werden Desinfektionsmittel eingesetzt? Welche? Sind diese in der DGHM *)Liste gelistet?	ja	nein
Werden die empfohlenen Einwirkungszeiten zur Abtötung von Bakterien eingehalten?	ja	nein
Wie häufig werden die gesamten Flächen vor dem Gerät einschließlich der Fußmatten gereinigt und desinfiziert?		
Welche Flächen werden nicht täglich feucht gereinigt und desinfiziert?		
Wie häufig werden die Kopfauflagen gereinigt und desinfiziert?		
Sind Handtücher etc. vorhanden?	ja	nein
Wo werden diese gereinigt, getrocknet und gelagert?		
Ist eine oder sind mehrere WC-Anlagen vorhanden?	ja	nein
Sind Duscheinrichtungen vorhanden?	ja	nein
Gibt es Klarsichtfolien zur Liegenauflage?	ja	nein
Werden hygienisch einwandfreie Augenschutzbrillen und Kopfhörer angeboten?	ja	nein

\*) Desinfektionsliste: Liste der nach den „Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel“ geprüften und von der „Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie“ (DGHM) als wirksam befundenen Desinfektionsverfahren.

## 9.4 Kataloge

### Katalog A: Ausschlusskriterien

- (1) Die Nutzung eines Solariums zu Bräunungszwecken ist grundsätzlich auszuschließen:
  - für Kinder und Jugendliche bis zum Alter von 18 Jahren
  - für Personen des UV-Hauttyps I
  - bei akut entzündlichen Erkrankungen
  - bei krankhaften Hautreaktionen oder Verstärkung von Hautleiden infolge Sonnenbestrahlung
  - falls die Haut eine große Zahl (mehr als 40 – 50) von Pigmentmalen (Naevi), atypische Pigmentmale und/oder angeborene (congenitale) große Pigmentmale aufweist
  - falls die Haut zur Bildung von Sommersprossen/Sonnenbrandflecken (Lentiginos) neigt
  - falls viele Sonnenbrände in der Kindheit erlitten wurden
  - falls die Haut Vorstufen von Hautkrebs zeigt, eine genetische Prädisposition für Hautkrebs besitzt, eine Hautkrebserkrankung vorliegt oder vorlag
  - nach einer Organtransplantation und
  - falls in der Familie ein malignes Melanom auftrat.Wenn in Einzelpunkten Unklarheit besteht, ist ein Arzt zu befragen.
- (2) Bei Vorliegen von Hautkrankheiten kann von UV-Hautbestrahlungen im Solarienbetrieb eine akute Gesundheitsgefährdung ausgehen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn
  - die Bestrahlung im Solarium zusätzlich zu einer UV-Therapie erfolgt,
  - Substanzen oder Medikamente therapeutisch genutzt werden, die in Verbindung mit UV-Strahlung krebserregend wirken können (z.B. teerhaltige Salben)
  - photosensibilisierende oder phototoxische Substanzen in der Therapie eingesetzt werden.Vor der Nutzung eines Solariums ist der behandelnde Hautarzt zu konsultieren.
- (3) Auf Grund der Möglichkeit photoallergischer, photosensibilisierender oder phototoxischer Reaktionen, die akute Gesundheitsschäden hervorrufen können, ist bei der Nutzung eines Solariums weiterhin darauf zu achten, dass
  - auf die Haut aufgetragene Kosmetika möglichst einige Stunden vor der Bestrahlung entfernt wurden
  - während der Bestrahlung keine Sonnenschutzmittel verwendet werden
  - innerlich oder äußerlich keine Medikamente oder Mittel angewandt wurden, die eine photosensibilisierende Wirksamkeit aufweisen können (s. Anhang 9.1).
- (4) Zur Vermeidung akuter (und auch chronischer) Augenschäden ist folgendes zu beachten:
  - keine Bestrahlung ohne UV-Schutzbrille.

### Katalog B: Abschätzung des Hauttyps

Zur Auswahl der geeigneten Bestrahlungszeiten ist die Kenntnis der individuellen und aktuellen UV-Empfindlichkeit der Haut erforderlich, die durch die Bestimmung des Hauttyps abgeschätzt werden kann. Wichtige Kriterien sind hierfür vor allem die Neigung der Haut zur Bildung eines Sonnenbrandes und der Hautbräunung bei der ersten längeren Besonnung nach winterlicher Sonnenentwöhnung. Darüber hinaus können äußere Merkmale wie die Haut-, Haar-, Augenfarbe und Anzahl von Sommersprossen Hinweise liefern, die allerdings nicht immer zutreffen.

Die folgenden 10 Fragen sollen Ihnen helfen, Ihren Hauttyp einzugrenzen. Beantworten Sie bitte die nachfolgenden Fragen so genau und gut wie möglich.

#### 1. Welchen Farbton weist Ihre unbestrahlte Haut auf ?

- Rötlich
- Weißlich
- Leicht beige
- Bräunlich

#### 2. Hat Ihre Haut Sommersprossen ?

- Ja, viele
- Ja, einige
- Ja, aber nur vereinzelt
- Nein

#### 3. Wie reagiert Ihre Gesichtshaut auf die Sonne?

- Sehr empfindlich, meist Hautspannen
- Empfindlich, teilweise Hautspannen
- Normal empfindlich, nur selten Hautspannen
- Unempfindlich, ohne Hautspannen



**4. Wie lange können Sie im Frühsommer in Deutschland oder in Mitteleuropa (Meeresspiegelhöhe) mittags bei wolkenlosem Himmel sonnenbaden, ohne einen Sonnenbrand zu bekommen?**

- Weniger als 15 Minuten
- Zwischen 15 und 25 Minuten
- Zwischen 25 und 40 Minuten
- Länger als 40 Minuten

**5. Wie reagiert Ihre Haut auf ein längeres Sonnenbad ?**

- Stets mit einem Sonnenbrand
- Meist mit einem Sonnenbrand
- Oftmals mit einem Sonnenbrand
- Selten oder nie mit einem Sonnenbrand

**6. Wie wirkt sich bei Ihnen ein Sonnenbrand aus ?**

- Kräftige Rötung, teilweise schmerzhaft und Bläschenbildung, danach schält sich die Haut
- Deutliche Rötung, danach schält sich die Haut meist
- Rötung, danach schält sich die Haut manchmal
- Fast nie Rötung und Hautschälen

**7. Ist bei Ihnen bereits nach einem einmaligen, längeren Sonnenbad anschließend ein Bräunungseffekt zu erkennen ?**

- Nie
- Meist nicht
- Oftmals
- Meist

**8. Wie entwickelt sich die Hautbräunung bei Ihnen nach wiederholtem Sonnenbaden ?**

- Kaum oder gar keine Bräunung
- Leichte Bräunung nach mehreren Sonnenbädern
- Fortschreitende, deutlicher werdende Bräunung
- Schnell einsetzende und tiefe Bräunung

**9. Welche Angabe entspricht am ehesten Ihrer natürlichen Haarfarbe ?**

- Rot bis rötlich braun
- Hellblond bis blond
- Dunkelblond bis braun
- Dunkelbraun bis schwarz

**10. Welche Farbe haben Ihre Augen ?**

- Hellblau, hellgrau oder hellgrün
- Blau, grau oder grün
- Hellbraun oder dunkelgrau
- Dunkelbraun

**Erläuterung**

Bitte bewerten Sie Ihre Antworten jeweils nach folgendem Schema: die erste Antwortmöglichkeit entspricht einem Punkt, die zweite Antwortmöglichkeit zwei Punkten, die dritte Antwortmöglichkeit drei Punkten und die vierte Antwortmöglichkeit vier Punkten. Zählen Sie dann Ihre Punkte zusammen und teilen die Summe durch 10. Die Zahl vor dem Komma gibt Ihren ungefähren Hauttyp an. Haben Sie beispielsweise 2,5 erreicht, so ist Ihr Hauttyp näher an 2 als an 3. Bei einem Ergebnis von 2,8 hingegen tendiert Ihre Haut mehr zum Hauttyp 3.

Bedenken Sie dabei, dass es sich nur um eine sehr grobe Abschätzung handelt, die nicht unbedingt Ihre tatsächliche Hautempfindlichkeit gegenüber UV-Strahlen widerspiegelt.

## Katalog C: Dosierungsplan

### Voraussetzungen

- Klärung der Eignungs- und Ausschlusskriterien (vgl. Kap. 5.1 bzw. Katalog A)
- Bestimmung des Hauttyps
- Individuelle Dosierung nach Hauttyp unter Vermeidung eines Sonnenbrandes
- Ausbleiben anormaler Hautreaktionen oder –erkrankungen im Verlauf der Bestrahlungsserie

### Empfehlung zur Anzahl der Bestrahlungen, zeitlichen Abfolge und Bestrahlungspausen

- Maximal eine UV-Exposition pro Tag (Sonne und Solarium)
- Mindestens 48 Stunden Abstand zwischen den beiden ersten Bestrahlungen
- Maximal drei Bestrahlungen pro Woche
- Maximal 10 Bestrahlungen im Monat
- Maximal 10 Bestrahlungen pro Serie
- Bestrahlungspause nach Beendigung einer Bestrahlungsserie.
- Maximal 50 Sonnenbäder oder Solarienwendungen pro Jahr.

Empfohlene Maximalwerte der Dosierung von Einzelbestrahlungen innerhalb der Serie und Jahreshöchstdosen (Es gilt: 1 MED = 250 J/m<sup>2</sup>; minimale Erythemschwellendosis für den Hauttyp II)

Hauttyp	Erythemwirksame Dosis [Vielfache der MED]						Summe pro Serie	Jahresmaximum
	Nummer der Bestrahlung in der Serie							
	1	2 – 3	4 – 5	6 – 8	9 – 10			
II	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0	6,0	50	
III	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4	8,0	70	
IV	0,4	0,8	1,2	1,4	1,8	10,8	90	

(Die kumulative Dosis (Summe) pro Serie entspricht etwa 11–12 % der maximalen Jahresdosis!)

### Empfohlene Dosierung nach Aussetzen der Bestrahlungen (innerhalb einer Serie)

- Bei Aussetzen von einer Woche: Fortsetzung der Bestrahlungen mit zunächst um eine Stufe reduzierter Dosis, danach Weiterbestrahlung entsprechend Tabelle bis zur Beendigung der Serie nach der zehnten Exposition
- Bei Aussetzen von mehr als vier Wochen: Neubeginn bei 0,4 MED und nachfolgende Bestrahlungen entsprechend Tabelle.

### Verhalten bei Auftreten eines Sonnenbrandes oder anormaler Hautreaktion

- Sonnenbrand nach der Erstbestrahlung: Abbruch der Besonnung
- Sonnenbrand im Verlauf der Bestrahlungsserie: Aussetzen der Bestrahlungen bis zur vollständigen Erscheinungsfreiheit, danach Fortsetzung der Besonnung mit geringerer Dosierung und Häufigkeit (maximal zweimal pro Woche bei Wiederaufnahme der Anwendung).

Anormale Hautreaktion: Abbruch der Besonnung und Konsultation eines Hautarztes.

## Katalog D: Empfehlungen und Normen

- „Empfehlungen zur Begrenzung gesundheitlicher Strahlenrisiken bei der Anwendung von Solarien und Heimsonnen®“ (ausgesprochen vom Bundesgesundheitsamt und veröffentlicht im Bundesgesundheitsblatt Nr. 30 vom 1. Januar 1987).
- „Schutz des Menschen vor solarer UV-Strahlung“, Empfehlungen der Strahlenschutzkommission 1995 – 1997, Bonn, März 1998
- DIN EN 60335-2-27: Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke, Teil 27: Besondere Anforderungen für Hautbestrahlungsgeräte mit Ultraviolett- und Infrarotstrahlung (2001), Beuth Verlag Berlin
- DIN 5050: Solarien und Heimsonnen, Teil 1: Messverfahren, Typeneinteilung und Kennzeichnung (1992), Teil 2: Anwendung und Betrieb (1998), Beuth Verlag Berlin
- DIN 5031-10: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik, Teil 10: Photobiologisch wirksame Strahlung – Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren (2000), Beuth Verlag Berlin

## Katalog E: Information über mögliche Risiken

– Aushändigung von Informationsmaterial

---

Die Benutzung von Solarien führt mehr als nur zur Bräunung. Es werden sowohl biologisch positive Wirkungen erzielt als auch negative und unerwünschte Wirkungen ausgelöst. Deshalb ist es wichtig, Solarien richtig anzuwenden.

Um das Risiko möglicher Schäden an Haut und Augen auf ein Minimum zu beschränken, müssen Sie die nachfolgenden Hinweise sorgfältig beachten und befolgen.

- Wenn Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an unser Personal, das Ihnen gerne hilft.
- Wenn Sie an Hautkrankheiten leiden, befragen Sie vor der Solarium-Benutzung Ihren Arzt.
- Benutzen Sie kein Solarium, wenn Sie zu krankhaften Hautreaktionen infolge UV-Bestrahlung neigen.
- Verwenden Sie keine Sonnenschutzmittel.
- Entfernen Sie möglichst einige Stunden vor der Solarium-Benutzung alle Kosmetika.
- Vorsicht bei der Einnahme von Medikamenten. Einige erhöhen als Nebenwirkung die UV-Empfindlichkeit Ihrer Haut. Fragen Sie im Zweifelsfall Ihren Arzt.
- Tragen Sie während der Solarium-Benutzung einen geeigneten Augenschutz (UV-Schutzbrille).
- Halten Sie dabei die empfohlenen Bestrahlungszeiten Ihres individuell erstellten Dosierungsplans ein. Der Dosierungsplan gilt nur für das ausgewählte Solarium und ist an Ihren Hauttyp angepasst.
- Benutzen Sie ein Solarium nur einmal pro Tag. Bestrahlen Sie jede Körperseite nur einmal. Vermeiden Sie am gleichen Tag natürliche Sonnenbäder.
- Legen Sie Pausen zwischen den Solarien-Benutzungen ein.
- Vermeiden Sie Hautrötungen (Sonnenbrand), die einige Stunden nach der Solarien-Benutzung auftreten können. Falls doch Hautrötungen auftreten, sind die Bestrahlungszeiten zu verringern.
- Treten Entzündungen oder Blasen auf, suchen Sie sofort einen Arzt auf.
- Pflegen Sie nach der Solarium-Benutzung Ihre Haut mit einer geeigneten Körperlotion.

Sie sollten kein Solarium zu Bräunungszwecken benutzen, wenn

- Sie jünger als 18 Jahre alt sind.
- Sie dem Hauttyp I zugehören.
- Ihre Haut mehr als 50 Pigmentmale (Leberflecke) aufweist.
- Ihre Haut zur Bildung von Sommersprossen oder Sonnenbrandflecken neigt.
- Sie viele Sonnenbrände in der Kindheit erlitten haben.
- Ihre Haut Vorstufen von Hautkrebs zeigt oder eine Hautkrebserkrankung vorliegt oder vorlag.
- bei Ihren Blutsverwandten ein malignes Melanom auftrat.

## Katalog F: Einverständniserklärung

---

### Einverständniserklärung

Ich bin vor der Benutzung des Solariums über die Ausschlusskriterien (Gründe, die eine Anwendung verbieten) unterrichtet worden und habe darüber hinaus alle wichtigen Benutzerhinweise erhalten, insbesondere den mir empfohlenen Dosierungsplan, der sowohl auf meinen Hauttyp als auch auf das ausgewählte Solarium abgestimmt wurde.

#### Alternative 1:

Ich erkläre hiermit, dass ich davon unterrichtet wurde, dass bei Nichteinhaltung dieser Hinweise und Empfehlungen der Solarienbetrieb keine Verantwortung und Haftung für möglicherweise eintretende Schäden übernimmt.

#### Alternative 2:

Ich erkläre hiermit, dass ich bei Nichteinhaltung dieser Hinweise und Empfehlungen keinerlei Regressansprüche für möglicherweise eintretende Schäden beim Solarienbetrieb geltend machen werde.

Datum: .....

Name, Vorname:.....

Unterschrift:.....

## 9.5 Glossar (Bezeichnungen, Symbole, Einheiten)

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Name der Einheit
Absorption	$\alpha$ (Alpha)	relative Größe	
Arbeit (Wärmemenge, Energie)	Q	J (= Ws)	Joule (= Watt · Sekunde)
Bestrahlungsstärke	E	W/m <sup>2</sup>	Watt pro Quadratmeter
Dosis (Bestrahlung)	H	J/m <sup>2</sup>	Joule pro Quadratmeter
Elektrische Leistung	P	W	Watt
Frequenz	$\nu$ (Ny)	Hz (s <sup>-1</sup> )	Hertz
Gleichmäßigkeitsfaktor	$g_2$	relative Größe	
Reflexion	$\rho$ (Rho)	relative Größe	
Minimale erythemwirksame Dosis	MED	J/m <sup>2</sup>	Joule pro Quadratmeter
Minimale melanogenetisch wirksame Dosis	MMD	J/m <sup>2</sup>	Joule pro Quadratmeter
Strahlungsleistung (-fluss)	$\phi$ (Phi)	W	Watt
Transmission	$\tau$ (Tau)	relative Größe	
Wellenlänge	$\lambda$ (Lambda)	m nm	Meter Nanometer (1 nm = 10 <sup>-9</sup> m)
Zeit	T	s	Sekunde

### Indices

- biol biologisch
- er bezogen auf das Erythem
- pp bezogen auf die Dauerpigmentierung (Pigmentneubildung, persistent pigmentation)
- pi bezogen auf die Sofortbräunung (Pigmentdunkelung, immediate pigmentation)
- s bezogen auf Schwellenwerte (z.B. bei Bestrahlungszeit  $t_s$  oder Dosis  $H_s$ )
- a bezogen auf die Jahresdosis (per anno)
- RS bezogen auf die Referenzsonne

---

Der Runde Tisch Solarien (RTS) wurde vom Präsidenten des Bundesamtes für Strahlenschutz mit dem Ziel eingerichtet, den Nutzerinnen und Nutzern von Solarien mehr Schutz vor den gesundheitlichen Risiken der künstlichen ultravioletten Strahlung zu bieten.

Leitung:

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Teilnehmer :

- Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V. (ADP)
  - Bundesfachverband Sonnenlicht-Systeme e.V. (SLS)
  - Deutsche Akademie für Photobiologie und Phototechnologie e.V.
  - Deutsche Krebshilfe e.V.
  - Europäische Gesellschaft für klassische Naturheilkunde
  - Photomed e.V.
  - Strahlenschutzkommission (SSK)
-