

Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Gesundheitliche Gefährdung durch UV-Exposition von Kindern und Jugendlichen

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 210. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 28./29. September 2006

Die Strahlenschutzkommission (SSK) betrachtet mit Sorge den starken Anstieg von Hautkrebsfällen: In Deutschland erkranken nach Hochrechnungen des Krebsregisters Schleswig-Holstein ca. 120.000 Menschen pro Jahr an Hautkrebs. Davon entfallen ca. 10 bis 15 % auf das maligne Melanom (MM) der Haut und die überwiegende Mehrheit auf das Basalzellkarzinom (BCC*) und das Plattenepithelkarzinom (SCC**). Von den an malignem Melanom Erkrankten versterben ca. 20 bis 25 % aufgrund der Krankheit, dies entspricht somit ca. 4.000 bis 5.000 Todesfälle pro Jahr. An BCC und SCC versterben ungefähr zwischen 0,5 bis 1 % der Erkrankten. Die Zahl der Neuerkrankungen steigt stärker als die für andere Krebserkrankungen. Die Häufigkeit des malignen Melanoms verdoppelt sich derzeit z.B. alle 10 bis 15 Jahre. Diese Entwicklung ist weltweit bei der weißen Bevölkerung zu verzeichnen.

Durch eine Vielzahl epidemiologischer und experimenteller in-vitro- und in-vivo-Untersuchungen ist belegt, dass UV-Strahlung ein „vollständiges“ Karzinogen darstellt, da sie in dem dreistufigen Krebsentstehungsmodell sowohl an der Phase der Initiation als auch an den Phasen Promotion und Progression der Erkrankung beteiligt ist. Von internationalen Organisationen (NIEHS, IARC) wird übereinstimmend UV-Strahlung als karzinogen bzw. wahrscheinlich karzinogen eingestuft [1, 2]. Dies gilt (nach IARC) sowohl für solare UV-Strahlung als auch für UV-Strahlung in Solarien. Auf Grund dieser Datenlage empfehlen internationale Organisationen, wie WHO, ICNIRP, EUROSkin und der Verbund nordischer Strahlenschutz-Behörden, die Nutzung von Solarien/Sonnenbänken für Jugendliche unter 18 Jahren zu untersagen [3, 4, 5, 6].

Die Wirkungsmechanismen der Krebsentstehung für natürliche (solare) und künstliche UV-Strahlung (z.B. Solarien) sind gleich (s.a. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission zum Schutz des Menschen vor den Gefahren der UV-Strahlung in Solarien [7]). Ein geändertes Freizeit- und Sozialverhalten seit den 50er Jahren führte zu einer erhöhten UV-Exposition und wird daher für die kontinuierliche Zunahme an Hautkrebserkrankungen verantwortlich gemacht. Solarien, die seit ca. 30 Jahren in steigendem Maße genutzt werden, haben zu der beschriebenen Entwicklung beigetragen.

Hautkrebs ist wegen seiner langen Latenzzeit bei Kindern und Jugendlichen eine äußerst seltene Erkrankung. Neben einer möglichen genetischen Prädisposition steigert aber vor allem eine erhöhte UV-Exposition in Kindheit und Jugend das Risiko, an einem Hautkrebs im späteren Leben zu erkranken.

Die Entstehung unterschiedlicher Hautkrebserkrankungen ist vom UV-Expositions-Muster abhängig. Beim Plattenepithelkarzinom (SCC) ist die über die gesamte Lebenszeit aufsummierte UV-Dosis im exponierten Hautareal für seine Entstehung verantwortlich. Für die Entstehung des Basalzellkarzinoms (BCC) werden sowohl die aufsummierte UV-Lebenszeit-Dosis als auch intermittierende UV-Expositionen verantwortlich gemacht.

Für die Entstehung des malignen Melanoms sind wiederkehrende intermittierende UV-Expositionen schon im frühen Kindesalter (0 bis 6 Jahre) verantwortlich. Dazu zählen bereits vereinzelte suberythemale Expositionen und erst recht milde und schwere Sonnenbrände, wie sie bei Urlauben in sonnigen Regionen auftreten können. Sie führen zum Auftreten von multiplen zusätzlichen melanozytären Nävi (Muttermale) und/oder zu atypischen Nävi, welche als Risikofaktoren für die Entstehung eines malignen Melanoms im Erwachsenenalter bekannt sind. Eine Kombination mehrerer Risikofaktoren, wie z.B. Hauttyp, Sonnenbrandflecken (Lentigines), Sommersprossen, Anzahl erworbener Nävi und atypischer Nävi, Hautkrebs in der Familie sowie Anzahl der Sonnenbrände, erhöhen das Risiko für eine Melanomerkrankung auf das bis zu 600fache. Bei Kindern und Jugendlichen, die schon sehr früh eine erhöhte

*basal cell carcinoma

**squamous cell carcinoma

Anzahl von UV-bedingten Nävi erworben haben, wird das Risiko einer Melanomentstehung durch weitere zusätzliche Expositionen durch solare und künstliche UV-Strahlung erhöht. Biopositive Effekte, wie die Vitamin D-Synthese, treten bei gesunden Kindern und Jugendlichen schon bei alltäglichen niedrigen UV-Expositionen auf und rechtfertigen keine weiteren überhöhten Expositionen (wie z.B. in Solarien).

Die in der Kindheit und Jugend erfahrenen UV-Expositionen müssen für die Entstehung von Hautkrebs im Erwachsenenalter mit verantwortlich gemacht werden. Die Strahlenschutzkommission hält es daher für dringend erforderlich, dass besondere Schutzmaßnahmen für Kinder und Jugendliche ergriffen werden und fordert daher vom Gesetzgeber ein Verbot der Nutzung von Solarien durch Kinder und Jugendliche bis 18 Jahre.

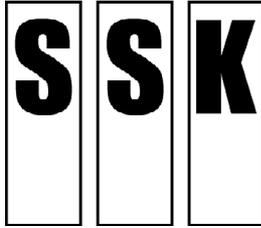
Die SSK spricht sich dafür aus, die Aufklärung von Kindern und Jugendlichen über mögliche Risiken der UV-Strahlung zu intensivieren und regelmäßig durchzuführen. Dazu sollte beispielsweise auf folgende Verhaltensregeln hingewiesen werden:

- Meidung direkter Exposition durch die Sonne zwischen 11:00 und 15:00 Uhr (Sommerzeit), z.B. durch das Aufsuchen von Schatten (bei $UVI > 3$),
- Vermeidung von Sonnenbränden, u.a. durch Bekleidung, Kopfbedeckung, Sonnenbrillen, Sandalen, die den Fußrücken bedecken, sowie Einsatz von Sonnencreme für die unbedeckte Haut,
- Säuglinge bis zu einem Jahr nicht der direkten Sonneneinstrahlung aussetzen.

Die SSK spricht sich mit Nachdruck dafür aus, dass der therapeutische Einsatz von UV-Strahlung insbesondere an Kindern und Jugendlichen nur nach strenger und sorgfältiger Indikation und nur in klinischen Einrichtungen und ärztlichen Praxen erfolgt. Die SSK fordert ebenfalls, dass nur überprüfte und qualitätsgesicherte Geräte eingesetzt werden.

Referenzen

- [1] National Institute of Environmental Health Science (NIEHS): 11th Report on Carcinogens (RoC) of National Toxicological Program of the National Institute of Environmental Health Science (NIEHS), 2005 (<http://ntp.niehs.nih.gov>)
- [2] IARC Solar and Ultraviolet Radiation. International Agency for Research on Cancer: Monographs on the Evaluation on Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 55, 1992
- [3] World Health Organization WHO: Artificial Tanning Sunbeds – Risks and Guidance. WHO 2003 (<http://www.who.int/uv/publications/sunbedpubl/en/>)
- [4] ICNIRP Statement: Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances Used for Cosmetic Purposes. Health Physics, 84, 119-127, 2003
- [5] Greinert, R.; McKinlay, A.; Breitbart, E.W.: The European Society of Skin Cancer Prevention-EUROSKIN: Towards the Promotion and Harmonization of Skin Cancer Prevention in Europe. Recommendations. Eur. J. Cancer Prev., 10, 157-162, 2001
- [6] UV-Radiation of Sunbeds, Common Public Health Advice from Nordic Radiation Protection and Health Authorities, 2006 (http://www.sst.dk/upload/forebyggelse/cff/sol_hudkraeft/nordic_sunbed_position.pdf)
- [7] Strahlenschutzkommission (SSK): Schutz des Menschen vor den Gefahren der UV-Strahlung in Solarien. Wissenschaftliche Begründung. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 172. Sitzung der SSK am 08.06.2001, veröffentlicht in Band 48 der Reihe „Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission“, Urban und Fischer, 2001



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Gesundheitliche Gefährdung durch UV-Exposition von Kindern und Jugendlichen

Wissenschaftliche Begründung
zur Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 211. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 14. November 2006

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 2 | UV-Strahlung | 3 |
| 3 | UV-Strahlung und Hautkrebs im Kindes- und Jugendlichenalter | 4 |
| 4 | UV-Expositionen | 5 |
| | 4.1 Natürliche (solare) Exposition | 5 |
| 5 | Risikofaktoren (im Kindes- und Jugendlichenalter) | 6 |
| | 5.1 Konstitutive Risikofaktoren | 6 |
| | 5.1.1 <i>Nicht-melanozytäre Hautkrebse (NMSC)</i> | 6 |
| | 5.1.2 <i>Melanome (MM)</i> | 7 |
| | 5.2 Risikofaktoren für die Exposition | 9 |
| | 5.2.1 <i>Nicht-melanozytäre Hautkrebse (NMSC)</i> | 9 |
| | 5.2.2 <i>Melanome (MM)</i> | 10 |
| 6 | UV-Exposition und Vitamin D | 11 |
| 7 | Solarien | 12 |
| 8 | Literaturverzeichnis | 14 |

1 Einleitung

Hautkrebs stellt den schwerwiegendsten gesundheitlichen Schaden dar, der, wie ätiologische und epidemiologische Studien absichern, durch UV-Strahlung induziert werden kann [1-3].

Zudem nimmt die Inzidenz von Hauttumoren in den letzten Jahrzehnten in der weißen Bevölkerung weltweit stärker zu als die von anderen Krebsarten [4, 5].

Von besonderer Bedeutung ist, dass UV-Strahlung schon in der Kindheit und Jugend Schäden in der Epidermis verursacht, die beim Vorliegen bestimmter genetischer Prädispositionen und bei bestimmten Expositionsmustern im späteren (Erwachsenen-) Leben zum Auftreten verschiedener Formen von Hautkrebs, wie dem Basalzellkarzinom (basal cell carcinoma, BCC), dem Plattenepithelkarzinom (squamous cell carcinoma, SCC) oder dem malignen Melanom (MM), führen können. Da die Latenzzeit zwischen induziertem Schaden und Auftreten von Hautkrebs zwischen 30 und 50 Jahre betragen kann, kommt dem Verständnis der frühen Mechanismen und dem Schutz von Kindern und Jugendlichen vor natürlicher und künstlicher UV-Strahlung bei der Prävention von Hautkrebs eine herausragende Bedeutung zu.

2 UV-Strahlung

Ultraviolette (UV-) Strahlung trägt nur ca. 5% zur gesamten terrestrischen solaren Strahlung bei [6]. Allerdings ist dieser Teil des elektromagnetischen Strahlungsspektrums (100 - 400 nm) für einen Großteil aller bisher bekannten biologischen Effekte verantwortlich, die mit gesundheitsschädlichen Einflüssen solarer Strahlenexposition einhergehen. Die kritischen Organe in Bezug auf eine UV-Exposition sind das Auge und die Haut, welche der UV-Strahlung bevorzugt ausgesetzt sind.

Der UV-Bereich des solaren Spektrums wird in 3 Wellenlängenbereiche unterteilt [7, 8]:

UVC: 100 - 280 nm

UVB: 280 - 315 nm

UVA: 315 - 400 nm.

Das Ausmaß und die Art der biologischen Wirkung der Strahlung auf die Haut unterscheiden sich deutlich in Abhängigkeit vom betrachteten Wellenlängen-(Energie-)Bereich. Abb. 1 zeigt die normierte Absorption einiger wichtiger Biomoleküle in Abhängigkeit von der Wellenlänge der eingestrahlten UV-Strahlung.

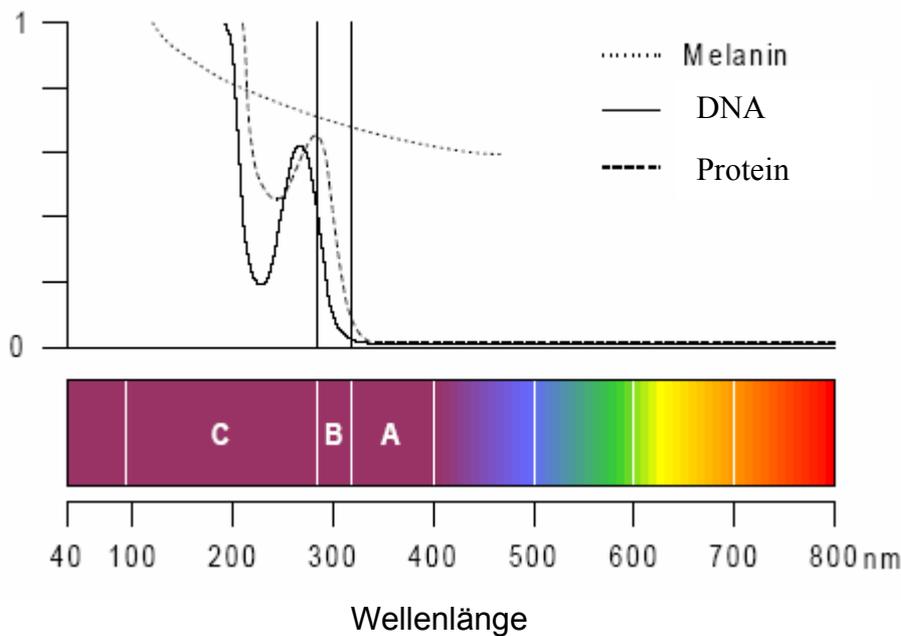


Abb. 1: Normierte Absorptionsspektren einiger wichtiger Biomoleküle im UVC-, UVB- und UVA-Bereich

Bei den UV-vermittelten biologischen Effekten wird zwischen akuten und chronischen Wirkungen unterschieden. Akute Wirkungen treten unmittelbar, Minuten, Stunden oder Tage nach UV-Exposition auf, während chronische Wirkungen für die Spätfolgen (Jahre, Jahrzehnte nach Exposition) verantwortlich sind. Zu den akuten Effekten gehören die Pigmentierung (Bräunung), Hautrötung (Erythem), Immunsuppression und die Vitamin-D₃-Photosynthese, während Hautalterung, Augenschäden (Katarakt) und vor allem der Hautkrebs Spätfolgen einer UV-Exposition darstellen. Mit Ausnahme der Vitamin-D₃-Photosynthese (und mit Einschränkungen der Immunsuppression) sind sowohl akute Hautreaktionen als auch Spätfolgen ursächlich in einer UV-induzierten DNA-Schädigung begründet [9-13].

3 UV-Strahlung und Hautkrebs im Kindes- und Jugendlichenalter

Hautkrebs im Kindes- und Jugendlichenalter ist ein äußerst seltenes Erkrankungsbild. Dementsprechend ist die Datenlage über die Inzidenz in diesem Lebensabschnitt äußerst begrenzt und bezieht sich hauptsächlich auf das maligne Melanom (MM).

In der Altersgruppe von 0 - 12 Jahren macht das maligne Melanom nur 1% - 4% aller pädiatrisch erfassten Krebserkrankungen aus [14]. 1% - 4% der malignen Melanome treten bei Patienten auf, die jünger sind als 20 Jahre und nur 0,3% - 0,4% bei prä-pubertären Kindern [15, 16]. Wenn auch selten, tritt das maligne Melanom in der zweiten Dekade des Lebens 7-mal häufiger auf als in der ersten [17-20]. Dies belegt auch eine Studie aus Schweden, die eine deutliche Zunahme der Melanomhäufigkeit bei 14 - 19-Jährigen in den Jahren 1987-1997 aufzeigt, wobei dieser Trend bei jungen Mädchen und Frauen ausgeprägter ist [21] als bei jungen Männern.

Die weltweit höchste Zunahme der jährlichen Inzidenzrate des MM bei Kindern unter 15 Jahren wird in Australien im Zeitraum von 1982 - 1991 mit 0,34 - 0,92 pro 10⁵ Personen angege-

ben [22]. Sie liegt jedoch um mindestens einen Faktor 100 niedriger als in der erwachsenen australischen Bevölkerung [23].

Neuere Daten für den europäischen Bereich wurden in England erhoben [24]. 200 Fälle von Melanomen und nicht-melanozytären Hautkrebsen wurden in der Zeit von 1968 - 1995 in der Altersgruppe unter 25 Jahren (im Norden Englands) diagnostiziert. Für 0 - 14-Jährige ergab sich eine jährliche (Gesamt-) Hautkrebsinzidenz von $1,2/10^6$ Personen. Für die Altersgruppe der 15 - 24-Jährigen betrug die jährliche Inzidenz $13/10^6$ Personen. Von den 200 diagnostizierten Hautkrebsfällen entfielen 138 auf maligne Melanome (16 Fälle jünger als 16 Jahre) und 62 auf nicht-melanozytäre Hautkrebsse. Für Mädchen (Frauen) wurde eine Zunahme der Melanom-Inzidenz in einer Dekade von $5,6/10^6$ Personen ermittelt. Bei Jungen/Männern konnte in dieser Altersklasse keine Zunahme maligner Hautveränderungen beobachtet werden. Die Inzidenz der nicht-melanozytären Hautkrebsse war in den Jahren 1982-1995 signifikant höher als im Zeitraum 1968 - 1981.

4 UV-Expositionen

Auch wenn Hautkrebs in der Kindheit und Jugend eine seltene Erkrankung darstellt, gibt es viele Hinweise darauf (s.u.), dass UV-Expositionen in der Kindheit und Jugend das Risiko für die Entstehung eines Hautkrebses im Alter erhöhen [25, 26-28]. Darüber hinaus kommt dem Expositionsmuster (akut, chronisch oder intermittierend) eine besondere Bedeutung für die Entstehungsmechanismen verschiedener Hautkrebs-Erkrankungen zu (s.u.) [5, 29].

4.1 Natürliche (solare) Exposition

In Deutschland lagen die maximalen Tagessummen der erythemwirksamen Bestrahlung in den Sommermonaten des Jahres 2004 zwischen 2000 und 3000 J/m^2 (http://www.bfs.de/uv/uv2/uv_messnetz.html; SSK: „UV und Hautkrebs“). Das Ausmaß der individuellen Expositionen ist jedoch stark vom Verhalten bei gegebener UV-Belastung abhängig und konnte nur durch wenige bisher durchgeführte Messungen im Bereich der Personendosimetrie ermittelt oder abgeschätzt werden.

In den folgenden Literaturstellen finden sich Expositionsdaten für Kinder und Jugendliche. Diffey [6] berichtet, dass nordeuropäische Kinder im Mittel einer jährlichen Bestrahlung von ca. 300 SED ausgesetzt sind (SED = Standard Erythemically weighted Dose = $100 J/m^2$) [30]. Eine relativ neue Studie zur Personendosimetrie aus Schweden berichtet (allerdings nur bei 64 Kindern im Alter von 1 - 6 Jahren), dass die mittlere tägliche erythemgewichtete Bestrahlung für Vorschulkinder im Mai - Juni 2002 in Schweden im Bereich von $200 J/m^2$ (= 2 SED) lag [31].

Personendosimetrische Daten, die für den Zeitraum Oktober 1995 bis April 1997 in Australien erhoben wurden, zeigen, dass sehr junge Kinder (im Alter von 1 - 2 ½ Jahren) an Brust und Schulter täglich im Mittel zwischen 0,4 - 0,9 SED exponiert werden (wobei Maximalwerte von bis zu 8 SED auftraten). Es konnte gezeigt werden, dass schon in dem kurzen Zeitraum zwischen 1 - 2 ½ Jahren die Exposition mit dem Alter signifikant anstieg [32].

Daten aus den USA belegen, dass Kinder im Mittel 2,5 - 3 Stunden pro Tag im Freien verbringen und dadurch einer ca. 3-mal größeren jährlichen UVB-Exposition ausgesetzt sind als Erwachsene, da sie mehr Möglichkeit haben, sich z.B. der Sommersonne in der Mittagszeit auszusetzen [33-36]. Neue Messungen und Berechnungen aus den USA zeigen darüber hinaus, dass Jugendliche (13 - 19 Jahre) in Amerika (außerhalb der Ferienzeit) eine erythemgewichtete UV-Dosis von ca. $21 kJ/m^2$ pro Jahr akkumulieren und dass diese Dosis für Jun-

gen und Mädchen (0 - 12 Jahre) bei ca. 28 kJ/m² pro Jahr bzw. bei ca. 23 kJ/m² pro Jahr liegt [37, 38].

Internationale Studien und Vergleiche belegen, dass die Inzidenz der nicht-melanozytären Hautkrebs für hellhäutige Menschen in verschiedenen Gebieten der Erde linear mit der jährlichen UV-Dosis korreliert. So liegt die jährliche Inzidenz in den Niederlanden bei ca. 110/10⁵ Personen bei einer Jahresdosis von 12,5 kJ/m², während sich jährliche Inzidenzen von 230/10⁵ Personen bzw. 820/10⁵ Personen in den USA bzw. Australien bei Jahresdosen von 25 kJ/m² bzw. 100 kJ/m² finden [38].

Bis vor 15 - 20 Jahren bestand verbreitet die Meinung, dass Personen bis zum zwanzigsten Lebensjahr mindestens die Hälfte ihre UV-Lebenszeitdosis akkumulieren [39-42]. Seit 1986 wird auch immer wieder eine Arbeit von Stern et al. [43] zitiert, die angeblich zeigt, dass Jugendliche bis zum 18. Lebensjahr 80% ihrer UV-Lebenszeitdosis akkumulieren. Dies ist allerdings eine Missinterpretation der ursprünglichen Daten. Stern und Mitarbeiter haben 1986 berichtet [43], dass Berechnungen in ihrem Modell (welches einen quadratischen Zusammenhang zwischen Hautkrebsinzidenz und Dosis annahm) ergaben, dass junge Erwachsene, die bis zum 18. Lebensjahr mit einer Sonnencreme mit SPF¹⁾ ≥ 15 geschützt waren, eine um 78% reduzierte Inzidenz an nicht-melanozytären Hautkrebsen aufweisen sollten. Dies wurde dann dahingehend missinterpretiert, dass eine Person bis zum 18. Lebensjahr ca. 80% der UV-Lebenszeitdosis akkumuliert.

Auf dieses Missverständnis wird in einer neueren Arbeit von Godar et al. [44] nochmals hingewiesen und eine neue Datenlage vorgestellt. Die Arbeit zeigt auf der Basis von täglichen Aktivitätsprofilen im Freien, dass zumindest amerikanische Jugendliche bis zum 18. Lebensjahr nur ca. 25% der UV-Lebenszeitdosis akkumulieren. Diese Daten scheinen mit UV-Expositionsverteilungen in den Niederlanden und Australien übereinzustimmen. Die Autoren betonen aber, dass auch bei diesen niedrigeren UV-Belastungen im frühen Alter DNA-Schäden induziert werden können, die bei weiteren UV-Expositionen zur Tumor-Promotion beitragen und im späteren Leben zur progressiven Tumor-Entwicklung führen können.

5 Risikofaktoren (im Kindes- und Jugendlichenalter)

UV-Strahlung im Kindes- und Jugendlichenalter liefert aufgrund konstitutiver Risikofaktoren und/oder Risikofaktoren für die UV-Exposition einen bedeutenden Beitrag zum Auftreten von Hautkrebs im späteren Leben. UV-induzierte Schäden in der Epidermis von Kindern und Jugendlichen und ihre Prozessierung im nachfolgenden Leben sind für das Auftreten von Hautkrebs von elementarer Bedeutung.

5.1 Konstitutive Risikofaktoren

5.1.1 Nicht-melanozytäre Hautkrebs (NMSC)

Eine Reihe von Studien zeigt, dass das Risiko, einen nicht-melanozytären Hautkrebs zu entwickeln, mit einer Reihe konstitutiver Risikofaktoren zusammenhängt. Allerdings sind diese Studien zum größten Teil an Erwachsenen-Kohorten durchgeführt worden. Da die konstitutiven Risikofaktoren aber genetisch determiniert sind, ist anzunehmen, dass schon das Vorliegen bestimmter genetischer Risikomerkmale in der Kinder- und Jugendzeit das Risiko für das Auftreten eines SCCs oder BCCs im Erwachsenen-Alter weiter erhöht.

¹⁾ Sun Protection Factor, Lichtschutzfaktor

Die Studien zeigen, dass Menschen mit einem SCC helle Haut (Hauttyp I,II) besitzen, blonde oder rote Haare aufweisen und eine stärkere Neigung zeigen, in der Sonne zu verbrennen als zu bräunen [26, 45-49]. Diese Menschen neigen auch stärker zur Bildung von Sommersprossen als Kontroll-Personen [26, 48].

Personen mit heller Haut und/oder roten Haaren zeigen ebenfalls ein höheres Risiko, ein BCC zu entwickeln [47, 48, 50, 51]. Auch die Neigung zur Bildung von Sommersprossen scheint von Bedeutung zu sein [25, 48].

5.1.2 Melanome (MM)

5.1.2.1 Anzahl erworbener Nävi

Eine Vielzahl von Studien belegt, dass die Zahl in der Kindheit und im Jugendlichenalter erworbener, UV-induzierter gutartiger Nävi (Nävuszellnävi, NZN) als **der** quantitativ bedeutende Risikofaktor für die Melanomentstehung anzusehen ist [42, 52-70].

Unter einem Nävus (Muttermal) versteht man zunächst eine angeborene, auf einer embryonalen Entwicklungsstörung beruhende Fehlbildung der Haut und der Schleimhäute. Melanozytäre Nävi stellen gutartige Vermehrungen der pigmentbildenden Melanozyten der Haut dar, die kongenital oder in erworbener Form auftreten. Kongenitale Nävi liegen schon bei Geburt oder kurz danach vor. Sie müssen von den erworbenen melanozytären Nävi unterschieden werden, die erst aufgrund bestimmter externer Reize im Laufe von Kindheit und Jugend gebildet werden.

In den vorliegenden Fall-Kontroll-Studien, bei denen das Auftreten von malignen Melanomen zwischen Gruppen mit „vielen Nävi“ (40 - 100) und solchen mit „wenigen (keinen) Nävi“ verglichen wurde, fanden sich relative Risiken ("odds ratios", OR) im Bereich von ca. 7 bis zu ca. 54 für > 50 erworbene melanozytäre Nävi [65, 67]. Für > 100 erworbene melanozytäre Nävi (auf der Gesamthaut) liegen die dokumentierten relativen Risiken im Bereich von ca. 8 - 10 [56, 60, 68, 71]. In einer Untersuchung [72] wird das relative Risiko für > 120 erworbene melanozytäre Nävi mit 16 angegeben. Aufgrund dieser Datenlage ist der Zusammenhang zwischen erhöhter Anzahl erworbener melanozytärer Nävi und dem erhöhten Risiko der Melanomentstehung aus epidemiologischer Sicht stark untermauert.

Das Auftreten von Epheliden (Sommersprossen) (vgl. 5.1.2.3) ist in erheblichem Maße mit der Zahl erworbener melanozytärer Nävi assoziiert [73-77].

Zwillingsstudien zeigen, dass die Neigung zur Nävus-Bildung genetisch kontrolliert wird [78, 79] und dass ihre Anzahl von konstitutiven Faktoren, wie Hauttyp, Haarfarbe und Neigung zur Sommersprossenbildung, abhängt [80, 81]. Mittlerweile sind über 100 Gene beschrieben, die die Pigmentierung und damit auch die Nävusbildung beeinflussen. Die Heritabilität, d.h., der genetisch bedingte Anteil an der Variabilität der Zahl erworbener Nävi wird in Studien auf 60% - 80 % geschätzt [78, 82, 83].

Neben der starken genetischen Prädisposition konnte jedoch auch ein Zusammenhang zwischen schweren Sonnenbränden (intermittierende UV-Exposition) in der Kindheit und der Anzahl erworbener gutartiger Nävi nachgewiesen werden (vgl. 5.2.2).

5.1.2.2 Atypische (dysplastische) Nävi

Atypische Nävi wurden zunächst bei Mitgliedern von Familien beschrieben, in denen Melanome gehäuft aufgetreten sind. Es handelt sich dabei um ungewöhnlich große Nävi, die durch eine große Anzahl und durch starke Variabilität in Farbe und Form gekennzeichnet waren [84]. In der Folge wurde eine Vielzahl von solchen Familien unter der Diagnose „Familiäres dysplastisches Nävus-Syndrom“ intensiv untersucht und beschrieben. Die Patienten entstammen Familien, bei denen Verwandte 1. Grades bereits an einem Melanom erkrankt sind.

Atypische Nävi, die wegen ihrer klinischen, zytologischen und histologischen Atypie als dysplastische Nävi bezeichnet werden [85], finden sich auch bei „nichtfamiliären“ Melanomen [86].

Zahlreiche Studien aus den USA, Australien, Schweden, Großbritannien, Frankreich und Deutschland konnten, trotz teilweiser uneinheitlicher Unterscheidung zwischen dem klinischen Begriff „atypischer Nävus“ und dem histologischen Begriff „dysplastischer Nävus“ [87-90], für klinisch atypische Nävi ein erhöhtes Melanomrisiko aufzeigen [52, 57, 59-61, 63, 68, 72, 91-95]. Das relative Melanomrisiko stieg in allen Untersuchungen kontinuierlich mit der Zahl der atypischen Nävi an. Das jeweils höchste relative Risiko für die Entwicklung eines malignen Melanoms lag zwischen 2,4 für > 1 atypischen Nävus [92] bis zu 32 für ≥ 10 atypische Nävi [68]. In einer deutschen Studie ergab sich ein „Schwellenwert“ von ≥ 5 atypischen melanozytären Nävi, ab dem ein ca. 6-fach erhöhtes Risiko vorlag und oberhalb dessen kein weiterer signifikanter Anstieg des relativen Risikos zu verzeichnen war [57].

Beim familiären Melanom bedeutet das Vorhandensein atypischer melanozytärer Nävi ein besonders stark erhöhtes Risiko [96, 97] und zwar schon im jungen Alter. So zeigt eine Studie, dass das relative Risiko für die Melanomentwicklung für Kinder (< 20 Jahre) aus Melanomfamilien beim Vorliegen dysplastischer Nävi 45-fach erhöht war [98]. Es wird berichtet, dass das relative Risiko, an einem Melanom zu erkranken, bei Personen mit einem dysplastischen Nävus-Syndrom bei familiär gehäuften dysplastischen Nävi plus mindestens 2 Familienmitgliedern mit einem Melanom bis zu 500-fach erhöht ist [99].

In einer weiterführenden Auswertung der Hamburger Kinder-Kohortenstudie [100] konnte weiterhin gezeigt werden, dass schon etwa 11 % der bis zu 6 Jahre alten Jungen und Mädchen wenigstens einen Nävus mit einer Atypie in Größe, Begrenzung und Farbe aufwiesen.

5.1.2.3 *Sommersprossen und aktinische Lentigines*

Sommersprossen stellen neben den erworbenen melanozytären Nävi einen weiteren Risikofaktor für die Entstehung des malignen Melanoms dar, der auch im Kindes- und Jugendalter von Bedeutung für das spätere Auftreten von kutanen Melanomen sein kann [59, 61, 62, 68, 92, 93, 101-104]. Dabei können Sommersprossen als ein von der Zahl der erworbenen melanozytären Nävi unabhängiger Risikofaktor angesehen werden [58, 61, 81, 101].

Während es sich bei den Sommersprossen (Epheliden) um Pigmentflecken handelt, die auf eine Hyperpigmentierung der Zellen der Basalschicht der Epidermis zurückzuführen ist, beruht das Auftreten von aktinischen Lentigines auf einer Melanozytenhyperplasie. Diese führt zu Pigmentflecken, die durch eine Vermehrung von Melanozyten hervorgerufen wird. Während Epheliden im Winter wieder verblassen, bleiben die Lentigines auch im Winter ohne Bevorzugung lichtexponierter Areale bestehen.

Die Lentigines stellen ebenfalls einen von der Zahl der erworbenen melanozytären Nävi unabhängigen Risikofaktor dar [55, 57, 58, 62]. Schon wenige aktinische Lentigines sind mit einem erhöhten Melanomrisiko assoziiert.

Beide Risikomarker, Sommersprossen ebenso wie aktinische Lentigines, sind miteinander korreliert. Jedoch stellen die Lentigines den besseren Risikomarker für das Melanom dar [37].

5.1.2.4 *Kombinierte Risiken*

Die in 5.1.2.1 - 5.1.2.3 schon beschriebenen konstitutiven Risikofaktoren für die Entwicklung eines malignen Melanoms können miteinander korreliert sein und erhöhen bei gleichzeitigem Auftreten das Gesamtrisiko für das Auftreten eines Melanoms erheblich. So konnten Garbe et al. [57] mittels einer sog. CART-Analyse (Classification-and-regression-tree-Analyse) der

unabhängigen Risikofaktoren errechnen, dass ein maximales relatives Risiko von 121 für Patienten vorlag, die ≥ 50 erworbene melanozytäre Nävi, ≥ 5 atypische melanozytäre Nävi und aktinische Lentiginen aufwiesen. Bezieht man die UV-Exposition auch noch in eine logistische Regressionsanalyse mit ein, so liegt bei einer anderen Studie das maximale relative Risiko für Männer mit ≥ 20 erworbenen melanozytären Nävi, Sommersprossen, ≥ 3 atypischen melanozytären Nävi und > 3 Sonnenbränden in der Vorgeschichte sogar bei 587 [61].

Aufgrund der bekannten Datenlage können die folgenden Risikogruppen von Personen mit deutlich erhöhtem Melanomrisiko identifiziert werden (vgl. [37]):

- Personen mit $> 50 - 100$ multiplen erworbenen melanozytären Nävi;
- Personen mit atypischem Nävus-Syndrom (≥ 5 atypischen melananozytären Nävi) und ≥ 50 erworbenen melanozytären Nävi;
- Personen mit ≥ 5 atypischen melanozytären Nävi aus Familien mit gehäuft auftretendem Melanom (≥ 2 Verwandte 1. Grades);
- Personen mit Melanom in der Eigenanamnese.

5.2 Risikofaktoren für die Exposition

UV-Exposition spielt in der Kindheit oder Jugend eine bedeutende Rolle für die Entwicklung des SCC, BCC und MM. Während für die Entwicklung des SCC die kumulative (UV-) Lebenszeitdosis verantwortlich zu sein scheint, sind für das Auftreten von BCC und MM intermittierende UV-Expositionen in Kindheit und Jugend verantwortlich [4, 25-27, 105-108].

5.2.1 Nicht-melanozytäre Hautkrebse (NMSC)

Der Zusammenhang von kumulativer UV-Dosis und Auftreten des SCCs ist wissenschaftlich gesichert. Es gibt jedoch eine zusätzliche Untersuchung, die auf die Bedeutung von Sonnenbränden in Kindheit und Jugend und die akkumulierte UV-Dosis in den letzten 10 **Arbeitsjahren** vor Diagnosestellung hinweist [26].

In dieser Fall-Kontroll-Studie wurden 225 männliche SCC-Fälle einbezogen, die im Zeitraum Jan. 1983 - Dez. 1984 im (populationsbezogenen) Alberta Cancer Registry (Kanada) registriert wurden. 80 % dieser männlichen SCC-Patienten im Alter von 25 - 79 Jahren unterzogen sich an ihrem Wohnort einem standardisierten Interview durch geschulte Interviewer. Es wurden Analysen zu Hauttyp und Haarfarbe durchgeführt sowie Fragen nach Anzahl und Art von Sonnenbränden und der hauptsächlichen UV-Exposition (beruflich, in der Freizeit, in den Ferien) gestellt. Für berufliche, Freizeit- bzw. Ferien-UV-Exposition wurde ein "whole body equivalent", WBE, ermittelt. Dabei entspricht dem WBE 1 Stunde Sonnen-Exposition pro gesamter Körperfläche in Abhängigkeit von unterschiedlicher Bekleidung (z.B. Bikini im Sommer: 89% Körperfläche; Ski-Bekleidung im Winter: 7% Körperfläche).

Als Kontrolle dienten in dieser Studie 573 hautgesunde Männer, die aus Krankenkassenlisten der Region Alberta (Kanada) rekrutiert wurden. Bei 71% dieser Männer konnte ein Interview durchgeführt werden.

Diese Studie hat zwei statistisch signifikante Hauptergebnisse. Zum einen erhöht sich ein auf Alter, ethnische Herkunft der Mutter, Haar- und Augenfarbe adjustiertes "odds ratio" für das Risiko eines SCCs beim Auftreten von schmerzvollen Sonnenbränden im Alter von 5 - 15 von 1 auf 10, wenn Individuen, die niemals einen Sonnenbrand erlitten, mit solchen verglichen werden, die ≥ 2 Sonnenbrände pro Jahr angeben. Zum anderen ergibt sich nur dann eine statistisch signifikante Erhöhung der "odds ratios" in Abhängigkeit des errechneten WBEs, wenn die mittlere Sonnenbelastung pro Jahr während der zurückliegenden Arbeitszeit in den 10

Jahren vor Diagnosestellung betrachtet wird (WBE = 0 Std/Jahr: OR = 1, WBE = > 100 Std/Jahr: OR = 4).

In einer identisch konzipierten Studie bestätigen Gallagher und Mitarbeiter [25], dass intermittierende UV-Expositionen in Kindheit und Jugend mit dem Auftreten des BCCs im Erwachsenenalter assoziiert sind.

5.2.2 Melanome (MM)

Der Zusammenhang zwischen UV-Strahlung und Melanomrisiko ist komplex. Anders als beim SCC und BCC, für die relativ eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehungen (vgl. 5.2.1) bestehen, erhöht sich das Risiko für ein malignes Melanom nur gering, wenn überhaupt, in Abhängigkeit von chronischer bzw. kumulativer UV-Exposition [5]. Vielmehr geht eine Risikoerhöhung für Melanomerkrankungen mit intermittierenden akuten Sonnenexpositionen (Sonnenbränden) einher [27, 54, 60, 62, 109, 110].

Wichtig für eine Risikoeinschätzung ist die Tatsache, dass UV-Exposition und Anzahl melanozytärer erworbener Nävi miteinander in Beziehung stehen. So konnte eine Anzahl von Studien nachweisen, dass stärker UV-exponierte Körperregionen eine höhere Nävusdichte aufweisen als weniger exponierte Regionen [111-114].

Wesentliche Hinweise darauf, dass Sonnenexposition mit der Entwicklung erworbener melanozytärer Nävi zusammenhängt, stammen aus Migrantenstudien an Personen, die in sonnenreiche Länder wie Australien oder Neuseeland eingewandert sind. In diesen Studien konnte gezeigt werden, dass Personen anderer ethnischer Herkunft, die schon in Australien oder Neuseeland geboren wurden, mehr Nävi aufweisen als Personen vergleichbarer ethnischer Herkunft, die erst im Laufe ihres Lebens einwanderten. Hier wird auch schon der besondere Zusammenhang zwischen UV-Exposition im Kindes- und Jugendlichenalter und dem Auftreten erworbener melanozytärer Nävi deutlich [80, 115, 116].

Dieser Zusammenhang wird weiter durch Studien belegt, die zeigen, dass die Zahl der erworbenen melanozytären Nävi von Sonnenbränden abhängt, die in Kindheit und Jugend erlitten werden [56, 57, 73, 75, 76, 114, 117-120].

Dies wird auch durch eine neuere Studie an ca. 13.500 Kindern im Alter von 5 - 6 Jahren [121] untermauert (*Hamburger Kinderkohorten-Studie*). In der Studie wurden (kaukasische) Kinder einer Ganzkörperuntersuchung unterzogen und mit ihren Eltern wurde ein Fragebogen ausgefüllt, der neben phenotypischen Eigenschaften der Kinder (Hauttyp, Haarfarbe, Augenfarbe etc.) vor allem Informationen über Sonnenbrände der Kinder, Urlaube im Süden und Sonnenverhalten bis zum Alter von 6 Jahren abfragte. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass sich sowohl die Eltern als auch die jungen Kinder noch gut an „Sonnenepisoden“ erinnern und nicht auf die oft schlechte Erinnerung erwachsener Befragter an z.B. „frühkindliche Sonnenbrände“ zurückgegriffen werden musste. Die Studie zeigt, dass Kinder mit einer erhöhten Sonnenexposition zwischen 0 - 6 Jahren, z.B. durch erlittene schmerzhafte Sonnenbrände, eine signifikant höhere Anzahl von erworbenen melanozytären Nävi aufweisen als Kinder ohne diese Charakteristika. Diese signifikante Zunahme zeigte sich aber auch schon bei einer höheren Anzahl von Urlauben in Ländern mit „sonnigem Klima“ (unabhängig von Sonnenbränden). In einer weiterführenden Auswertung der Hamburger Kinderkohorten-Studie wurde deutlich, dass auch schon die Anzahl der „leichten Sonnenbrände“ hochsignifikant mit der Anzahl erworbener melanozytärer Nävi verbunden ist [100].

Die weiterführende Auswertung [100] zeigte, dass die Frequenz atypischer Nävi mit stattgefundenen Sonnenbränden (keine-leichte-schwere; $p < 0,05$) und der Gesamtnävuszahl ($< 10; 10-20; > 20; p < 0,001$) korreliert. Kinder mit mehr als 20 erworbenen melanozytären Nävi haben ein 2,83-fach erhöhtes Risiko, mindestens einen Nävus mit einem Atypiekri-

terium aufzuweisen. Darüber hinaus waren intermittiert exponierte Hautareale (im Vergleich zu anderen Arealen) positiv mit der Gesamtnävuszahl korreliert.

In der "follow-up"-Untersuchung der Hamburger Kinderkohorte konnten 4 Jahre nach der Erstuntersuchung nochmals 692 Kinder im Alter von 9 - 10 Jahren nachuntersucht und bei 393 ein direkter Vergleich mit den Ausgangsbefunden im Alter zwischen 5 - 6 Jahren durchgeführt werden. Es zeigt sich, dass die Gesamtnävuszahl bei Kindern, die schon im Alter von 5 - 6 Jahren Nävi aufwiesen, deutlich zugenommen hat. Bei Jungen erhöhte sich diese Zahl im Mittel um das 2,85-fache, bei Mädchen um das 2,53-fache. Diese Erhöhung trat schon dann signifikant auf, wenn in den 4 Jahren nach der Erstuntersuchung keine leichten oder schweren Sonnenbrände erlitten wurden und keine weiteren Urlaubsreisen in Regionen mit erhöhter UV-Exposition unternommen wurden. Bei erlittenen Sonnenbränden und Urlaubsreisen in den Süden ($< 48^\circ \text{N}$) in der "follow-up"-Periode wurde eine etwas größere Zunahme der Gesamtnävuszahl beobachtet [100].

Die Verlaufsuntersuchung bei 9 - 10-jährigen Kindern zeigt weiterhin, dass Nävi mit atypischen Kennzeichen im Kindesalter nicht selten sind und zum Großteil als physiologisches Zeichen der dynamischen Entwicklung der Nävi in dieser Altersgruppe anzusehen sind. Die UV-Exposition nach dem 6. Lebensjahr ist von ähnlich relevantem Einfluss wie die vorbeschriebene Exposition in den ersten 6 Lebensjahren. Somit müssen die ersten zehn Lebensjahre als Minimum einer suszeptiblen Phase für die UV-Induzierbarkeit melanozytärer Nävi angesehen werden.

Die Ergebnisse der Studien und Auswertungen belegen somit die Sichtweise, dass die Zahl von Nävi nicht nur als Bestandteil einer genetischen Prädisposition gesehen werden kann, sondern auch das Resultat einer erythemalen oder sogar nur sub-erythemalen UV-Exposition im Kindesalter ist [122].

Im Zusammenhang mit der Tatsache, dass die Anzahl erworbener melanozytärer Nävi ein überaus relevanter Risikofaktor für die Entwicklung des malignen Melanoms darstellt, zeigen die obigen Studien einen deutlichen Zusammenhang zwischen UV-Belastung im Kindes- und Jugendlichenalter und der Entwicklung maligner Melanome im Erwachsenenalter.

6 UV-Exposition und Vitamin D

Die Vitamin-D-Photosynthese ist ein Beleg dafür, dass geringe UV-Expositionen einen gesundheitlich positiven Effekt haben können. Vitamin D wird nach UVB-Exposition in der Haut produziert, reguliert die Kalziumkonzentration im Blut und ist von entscheidender Bedeutung für den Knochenaufbau und -erhalt in der Kindheit sowie im Erwachsenenleben und Alter.

Seit kurzem existieren einige epidemiologische Studien, deren Ergebnisse in der Weise interpretiert werden, dass UV-Exposition (und damit eine vermeintlich höhere Vitamin-D-Produktion) möglicherweise das Risiko bestimmter Krebsarten (Prostata-, Brust-, Darm-Krebs) und Autoimmun-Erkrankungen (Multiple Sklerose, Typ-1-Diabetes, rheumatoide Arthritis) vermindert bzw. Überlebensraten erhöht.

Die zugrundeliegenden Mechanismen für die berichteten Assoziationen sind noch nicht bekannt und erscheinen teilweise konstruiert. Trotzdem ist es notwendig, diese Hinweise aufzunehmen, um eine ausgewogene Balance bei Maßnahmen zu erreichen, die einerseits die Hautkrebsentstehung verhindern, andererseits aber einen optimalen Vitamin-D-Status in Abhängigkeit von UV-Exposition und Ernährung aufrechterhalten sollen.

Nach internationaler Expertenmeinung sind biopositive Effekte der UV-Exposition (Vitamin-D-Synthese) bei gesunden Menschen schon bei niedrigen UV-Expositionen ausreichend induziert. Es bedarf keiner weiteren, überhöhten Exposition (wie z.B. in Solarien) [123].

7 Solarien

Wie im vorhergehenden Text ausgeführt, ist UV-Belastung im Kindes- und Jugendlichenalter mit einem erhöhten Risiko verbunden, im Erwachsenenalter einen Hautkrebs zu entwickeln. Kinder und Jugendliche verbringen immer noch eine längere Zeit im Freien als Erwachsene und sind damit einer erhöhten natürlichen (solaren) UV-Exposition ausgesetzt, auch wenn neuere Studien zeigen, dass dieser Trend (gerade im Jugendlichenalter) durch ein geändertes Freizeitverhalten (viel Zeit vor dem Computer, der Spielekonsole) teilweise rückläufig ist [38]. Prinzipiell erhöhen zusätzliche UV-Expositionen von Kindern und Jugendlichen in Solarien signifikant die UV-Lebenszeitexposition (gerade in Form intermittierender Belastungen) und damit das Risiko für eine später auftretende Hautkrebs-Erkrankung [124, 125]. Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass sich die spektrale Verteilung von UV-Strahlung in „modernen“ Solarien kaum noch, oder nur unwesentlich, von der solaren UV-Qualität unterscheidet, so dass die gesundheitsschädlichen Effekte, die für solare UV-Strahlung nachgewiesen sind, auch auf die künstliche UV-Exposition übertragen werden können. Bei künstlicher UV-Exposition im Solarium kommt erschwerend hinzu, dass hier Bestrahlungsstärken angeboten werden, die den natürlichen Maximalwert (12:00 Uhr, Äquatorsonne: $0,3 \text{ W/m}^2$, UVI = 12) um ein Vielfaches überschreiten.

Die Nutzung von Sonnenstudios ist derzeit ein Trend unter Jugendlichen. Dies belegen epidemiologische Studien aus den USA. Cokkinides et al. [124] berichten, dass ca. 10% amerikanischer Jugendlicher im Alter von 11 - 18 Jahren Sonnenstudios aufsuchen. Die Prävalenz ist dabei bei älteren Jugendlichen, Mädchen und Jugendlichen, deren Eltern ebenfalls Besucher von Solarien sind, besonders hoch. Diese Ergebnisse werden auch durch Daten einer großen Querschnittsstudie an 10.079 Mädchen und Jungen aus allen 50 US-Staaten gestützt. Andere amerikanische Studien berichten über eine Prävalenz der Solariennutzung bei Heranwachsenden im Bereich von 13% - 34% [126, 127]. Für nordeuropäische Länder wurden Schätzungen veröffentlicht, die davon ausgehen, dass 75% der Mädchen im Alter von 11 - 18 Jahren und 35% der Jungen in diesem Altersbereich Solarien nutzen [128]. Die hohe Prävalenz der Nutzung von Solarien durch ältere Jugendliche, und vor allem Mädchen, wird in mehreren Studien übereinstimmend belegt [126, 127, 129-131].

Studien aus Schweden aus dem Jahr 1993 zeigen, dass in der Region Stockholm schwedische Jugendliche im Alter von 14 - 19 Jahren zu 57% (77% der Mädchen und 44% der Jungen) Sonnenbänke 4-mal oder häufiger pro zurückliegendem Jahr nutzten. Allerdings war diese Zahl in den darauffolgenden Jahren rückläufig, so dass 1999 nur noch von 45% der Mädchen und 19% der Jungen im Alter von 14 - 19 Jahren eine Sonnenbanknutzung (≥ 4 -mal pro Jahr) angegeben wurde [132, 133]. Wester et al. [134] berechnen für diese Altersgruppe, dass eine Sonnenbanknutzung von ≥ 10 pro Jahr ein Äquivalent einer zusätzlichen solaren UV-Jahresdosis ausmacht.

Eine Querschnittsstudie in Belgien zeigt, dass 24% der belgischen Jugendlichen im Alter von 14 - 18 Jahren Sonnenbänke mehr als 6-mal pro Jahr aufsuchen [135, 136].

In einer kleineren Studie aus Schottland wird berichtet, dass in Lanarkshire von den 8 - 11-jährigen Grundschulkindern schon 7% in den zurückliegenden 6 Monaten eine Sonnenbank aufgesucht hatten (wobei 64% der Kinder diese in Privathaushalten nutzten und der Rest Sonnenstudios aufsuchte) [136].

Systematische Studien über die Sonnenbanknutzung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland existieren nicht. Allerdings berichtet die Zeitschrift „Ärztliche Praxis Dermatologie-Allergologie“ in ihrer Aprilausgabe des Jahres 2006, dass eine Umfrage des Instituts für Jugendforschung (München) bei 656 Teenagern im Alter von 13 - 18 Jahren ergab, dass jedes vierte bis fünfte Mädchen in diesem Alter regelmäßig ein Sonnenstudio aufsucht.

Zahlreiche Studien zeigen, dass die Nutzung von Solarien/Sonnenbänken im Erwachsenenalter mit einer Erhöhung des Hautkrebsrisikos korreliert ist [61, 81, 129, 137-152]. In diesen Studien lag die Erhöhung des relativen Risikos für die Melanomentstehung bei Solariennutzung im Bereich von 2 - 10. Allerdings verweisen die Autoren darauf, dass bei den durchgeführten Studien der Beobachtungszeitraum für die UV-Exposition im Solarium kurz im Vergleich zur Latenzzeit für das Auftreten von Hautkrebs (30 - 50 Jahre) ist. Studien mit längeren Beobachtungszeiträumen sollten hier zur Erhärtung der Daten beitragen.

Dies gilt insbesondere auch für Studien, die Solariennutzung im Kindes- und Jugendlichenalter mit einbeziehen können, da Solarien erst seit ca. 30 Jahren im Einsatz sind. Es gibt allerdings Ergebnisse einer Studie, die zeigt, dass die Sonnenbanknutzung signifikant das Melanomrisiko erhöht, wenn die Nutzung vor dem 30sten Lebensjahr begonnen wurde. Dies wird durch die weltweit größte prospektive Kohorten-Studie an norwegischen und schwedischen Frauen belegt, die im Zeitraum 1991 - 1992 ein Alter von 30 - 50 Jahren aufwiesen. Diese Frauen unterzogen sich einer Fragebogen-Aktion, die ihre phenotypischen Merkmale (Haarfarbe, Augenfarbe etc.) und ihre UV-Expositions-Muster abfragten. In einer "follow-up"-Periode von ca. 9 Jahren nach Erstbefragung konnten in einem Abgleich mit den zuständigen Krebsregistern (am 31. Dez. 1999) 187 maligne Melanome nachgewiesen werden. Neben den Risikofaktoren wie Haarfarbe, Zahl der Nävi (am Bein) und Sonnenbrand-Geschichte zeigte sich auch die Nutzung von Solarien in Kindheit und Jugend (10 - 19 Jahre) signifikant mit dem Melanomrisiko assoziiert (RR = 1, kein Solarienbesuch vs. RR = 1,52, für seltene oder ≥ 1 Solarienbesuche/Monat). Wird die Altersgruppe der 20 - 29-jährigen Frauen betrachtet, so erhöht sich das relative Risiko von 1 auf 2,58 (niemals vs ≥ 1 -mal/Monat). Wenn Solarien in der Altersgruppe der 10 - 39-Jährigen mindestens 1-mal pro Monat in der 9 Jahre dauernden "follow-up"-Periode genutzt wurden, entsprach dies einer ca. 40-stündigen Sonnenbank-Nutzung, die mit einer 55%igen Zunahme des Melanomrisikos einhergeht [153]. Diese Datenlage wird durch Analysen anderer Autoren bestätigt [138].

Daher empfehlen internationale Organisationen, wie z.B. Euroskin, ICNIRP, der Verbund nordischer Strahlenschutz-Behörden und die WHO, die Nutzung von Solarien/Sonnenbänken für Jugendliche unter 18 Jahren zu untersagen [154].

8 Literaturverzeichnis

- [1] Gandini,S. *et al.*: Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: I. Common and atypical naevi. *Eur. J. Cancer* **41**, 28-44 (2005).
- [2] Gandini,S. *et al.*: Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: II. Sun exposure. *Eur. J. Cancer* **41**, 45-60 (2005).
- [3] Gandini,S. *et al.*: Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: III. Family history, actinic damage and phenotypic factors. *Eur. J. Cancer* **41**, 2040-2059 (2005).
- [4] Armstrong,B.K., Kricger,A. & English,D.R.: Sun exposure and skin cancer. *Australas. J. Dermatol.* **38 Suppl 1**, S1-S6 (1997).
- [5] Armstrong,B.K. & Kricger,A.: The epidemiology of UV induced skin cancer. *J. Photochem. Photobiol. B* **63**, 8-18 (2001).
- [6] Diffey,B.L.: Photodermatology. Hawk,J.L.M. (ed.), pp. 5-24 (Arnold, London, Sydney, Auckland,1999).
- [7] CIE: International Lighting Vocabulary, 4th Edt., Publication CIE No 17 (E-1.1), Commission Internationale l'Eclairage Vienna. 1987.
Ref Type: Conference Proceeding
- [8] CIE: Standardization of Terms UV-A1, UV-A2 and UVB, Report CIE-134-1. Vienna. 1999.
Ref Type: Report
- [9] Tadokoro,T. *et al.*: Mechanisms of skin tanning in different racial/ethnic groups in response to ultraviolet radiation. *J. Invest Dermatol.* **124**, 1326-1332 (2005).
- [10] Melnikova,V.O. & Ananthaswamy,H.N.: Cellular and molecular events leading to the development of skin cancer. *Mutat. Res.* **571**, 91-106 (2005).
- [11] Heenen,M., Giacomoni,P.U. & Golstein,P.: Individual variations in the correlation between erythema threshold, UV-induced DNA damage and sun-burn cell formation. *J. Photochem. Photobiol. B* **63**, 84-87 (2001).
- [12] Phan,T.A., Halliday,G.M., Barnetso,R.S. & Damian,D.L.: Spectral and dose dependence of ultraviolet radiation-induced immunosuppression. *Front Biosci.* **11**, 394-411 (2006).
- [13] Eaton,J.W.: UV-mediated cataractogenesis: a radical perspective. *Doc. Ophthalmol.* **88**, 233-242 (1994).
- [14] Ruiz-Maldonado,R. & Orozco-Covarrubias,M.L.: Malignant melanoma in children. A review. *Arch. Dermatol.* **133**, 363-371 (1997).
- [15] Williams,M.L. & Pennella,R.: Melanoma, melanocytic nevi, and other melanoma risk factors in children. *J. Pediatr.* **124**, 833-845 (1994).
- [16] Boddie,A.W., Jr., Smith,J.L., Jr. & McBride,C.M.: Malignant melanoma in children and young adults: effect of diagnostic criteria on staging and end results. *South. Med. J.* **71**, 1074-1078 (1978).
- [17] Bader,J.L., Li,F.P., Olmstead,P.M., Strickman,N.A. & Green,D.M.: Childhood malignant melanoma. Incidence and etiology. *Am. J. Pediatr. Hematol. Oncol.* **7**, 341-345 (1985).
- [18] Moss,A.L. & Briggs,J.C.: Cutaneous malignant melanoma in the young. *Br. J. Plast. Surg.* **39**, 537-541 (1986).

- [19] Temple,W.J. *et al.*: Childhood melanoma. *J. Pediatr. Surg.* **26**, 135-137 (1991).
- [20] Tate,P.S., Ronan,S.G., Feucht,K.A., Eng,A.M. & Das Gupta,T.K.: Melanoma in childhood and adolescence: clinical and pathological features of 48 cases. *J. Pediatr. Surg.* **28**, 217-222 (1993).
- [21] Berg,P. & Lindelof,B.: Differences in malignant melanoma between children and adolescents. A 35-year epidemiological study. *Arch. Dermatol.* **133**, 295-297 (1997).
- [22] McWhirter,W.R., Dobson,C. & Ring,I.: Childhood cancer incidence in Australia, 1982-1991. *Int. J. Cancer* **65**, 34-38 (1996).
- [23] Jemal,A., Devesa,S.S., Hartge,P. & Tucker,M.A.: Recent trends in cutaneous melanoma incidence among whites in the United States. *J. Natl. Cancer Inst.* **93**, 678-683 (2001).
- [24] Pearce,M.S., Parker,L., Cotterill,S.J., Gordon,P.M. & Craft,A.W.: Skin cancer in children and young adults: 28 years' experience from the Northern Region Young Person's Malignant Disease Registry, UK. *Melanoma Res.* **13**, 421-426 (2003).
- [25] Gallagher,R.P. *et al.*: Sunlight exposure, pigmentary factors, and risk of nonmelanocytic skin cancer. I. Basal cell carcinoma. *Arch. Dermatol.* **131**, 157-163 (1995).
- [26] Gallagher,R.P. *et al.*: Sunlight exposure, pigmentation factors, and risk of nonmelanocytic skin cancer. II. Squamous cell carcinoma. *Arch. Dermatol.* **131**, 164-169 (1995).
- [27] Elwood,J.M. & Jopson,J.: Melanoma and sun exposure: an overview of published studies. *Int. J. Cancer* **73**, 198-203 (1997).
- [28] Autier,P. & Dore,J.F.: Influence of sun exposures during childhood and during adulthood on melanoma risk. EPIMEL and EORTC Melanoma Cooperative Group. European Organisation for Research and Treatment of Cancer. *Int. J. Cancer* **77**, 533-537 (1998).
- [29] Gilchrest,B.A., Eller,M.S., Geller,A.C. & Yaar,M.: The pathogenesis of melanoma induced by ultraviolet radiation. *N. Engl. J. Med.* **340**, 1341-1348 (1999).
- [30] CIE: Joint ISO/CIE Standard ISO 17166:1999/CIE S007-1998 *Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose*. 1998.
Ref Type: Report
- [31] Boldeman,C., Dal,H. & Wester,U.: Swedish pre-school children's UVR exposure - a comparison between two outdoor environments. *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* **20**, 2-8 (2004).
- [32] Moise,A.F., Harrison,S.L. & Gies,H.P.: Solar ultraviolet radiation exposure of infants and small children. *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* **15**, 109-114 (1999).
- [33] Hurwitz,S.: The sun and sunscreen protection: recommendations for children. *J. Dermatol. Surg. Oncol.* **14**, 657-660 (1988).
- [34] Foltz,A.T.: Parental knowledge and practices of skin cancer prevention: a pilot study. *J. Pediatr. Health Care* **7**, 220-225 (1993).
- [35] Marks,R.: Role of childhood in the development of skin cancer. *Aust. Paediatr. J.* **24**, 337-338 (1988).
- [36] Arthey,S. & Clarke,V.A.: Suntanning and sun protection: a review of the psychological literature. *Soc. Sci. Med.* **40**, 265-274 (1995).
- [37] Bauer,J.: Management des Melanoms. Garbe,C. (ed.), pp. 65-81 (Springer, Heidelberg,2006).
- [38] Godar,D.E.: UV doses of American children and adolescents. *Photochem. Photobiol.* **74**, 787-793 (2001).

- [39] Marks,R., Jolley,D., Leclerc,S. & Foley,P.: The role of childhood exposure to sunlight in the development of solar keratoses and non-melanocytic skin cancer. *Med. J. Aust.* **152**, 62-66 (1990).
- [40] Marks,R.: Skin cancer--childhood protection affords lifetime protection. *Med. J. Aust.* **147**, 475-476 (1987).
- [41] Weinstock,M.A. *et al.*: Nonfamilial cutaneous melanoma incidence in women associated with sun exposure before 20 years of age. *Pediatrics* **84**, 199-204 (1989).
- [42] Holman,C.D. & Armstrong,B.K.: Cutaneous malignant melanoma and indicators of total accumulated exposure to the sun: an analysis separating histogenetic types. *J. Natl. Cancer Inst.* **73**, 75-82 (1984).
- [43] Stern,R.S., Weinstein,M.C. & Baker,S.G.: Risk reduction for nonmelanoma skin cancer with childhood sunscreen use. *Arch. Dermatol.* **122**, 537-545 (1986).
- [44] Godar,D.E., Urbach,F., Gasparro,F.P. & van der Leun,J.C.: UV doses of young adults. *Photochem. Photobiol.* **77**, 453-457 (2003).
- [45] Aubry,F. & MacGibbon,B.: Risk factors of squamous cell carcinoma of the skin. A case-control study in the Montreal region. *Cancer* **55**, 907-911 (1985).
- [46] Vitaliano,P.P. & Urbach,F.: The relative importance of risk factors in nonmelanoma carcinoma. *Arch. Dermatol.* **116**, 454-456 (1980).
- [47] Green,A. & Battistutta,D.: Incidence and determinants of skin cancer in a high-risk Australian population. *Int. J. Cancer* **46**, 356-361 (1990).
- [48] Kricke,A., Armstrong,B.K., English,D.R. & Heenan,P.J.: Pigmentary and cutaneous risk factors for non-melanocytic skin cancer--a case-control study. *Int. J. Cancer* **48**, 650-662 (1991).
- [49] Giles,G.G., Marks,R. & Foley,P.: Incidence of non-melanocytic skin cancer treated in Australia. *Br. Med. J. (Clin. Res. Ed)* **296**, 13-17 (1988).
- [50] Hogan,D.J., To,T., Gran,L., Wong,D. & Lane,P.R.: Risk factors for basal cell carcinoma. *Int. J. Dermatol.* **28**, 591-594 (1989).
- [51] Hunter,D.J. *et al.*: Risk factors for basal cell carcinoma in a prospective cohort of women. *Ann. Epidemiol.* **1**, 13-23 (1990).
- [52] Bataille,V. *et al.*: Risk of cutaneous melanoma in relation to the numbers, types and sites of naevi: a case-control study. *Br. J. Cancer* **73**, 1605-1611 (1996).
- [53] Beral,V., Evans,S., Shaw,H. & Milton,G.: Cutaneous factors related to the risk of malignant melanoma. *Br. J. Dermatol.* **109**, 165-172 (1983).
- [54] Breitbart,M. *et al.*: Ultraviolet light exposure, pigmentary traits and the development of melanocytic naevi and cutaneous melanoma. A case-control study of the German Central Malignant Melanoma Registry. *Acta Derm. Venereol.* **77**, 374-378 (1997).
- [55] Garbe,C., Kruger,S., Stadler,R., Guggenmoos-Holzmann,I. & Orfanos,C.E.: Markers and relative risk in a German population for developing malignant melanoma. *Int. J. Dermatol.* **28**, 517-523 (1989).
- [56] Garbe,C. *et al.*: Associated factors in the prevalence of more than 50 common melanocytic nevi, atypical melanocytic nevi, and actinic lentiginos: multicenter case-control study of the Central Malignant Melanoma Registry of the German Dermatological Society. *J. Invest Dermatol.* **102**, 700-705 (1994).
- [57] Garbe,C. *et al.*: Risk factors for developing cutaneous melanoma and criteria for identifying persons at risk: multicenter case-control study of the Central Malignant Melanoma Registry of the German Dermatological Society. *J. Invest Dermatol.* **102**, 695-699 (1994).

- [58] Green,A., MacLennan,R. & Siskind,V.: Common acquired naevi and the risk of malignant melanoma. *Int. J. Cancer* **35**, 297-300 (1985).
- [59] Grulich,A.E. *et al.*: Naevi and pigmentary characteristics as risk factors for melanoma in a high-risk population: a case-control study in New South Wales, Australia. *Int. J. Cancer* **67**, 485-491 (1996).
- [60] Holly,E.A., Kelly,J.W., Shpall,S.N. & Chiu,S.H.: Number of melanocytic nevi as a major risk factor for malignant melanoma. *J. Am. Acad. Dermatol.* **17**, 459-468 (1987).
- [61] MacKie,R.M., Freudenberger,T. & Aitchison,T.C.: Personal risk-factor chart for cutaneous melanoma. *Lancet* **2**, 487-490 (1989).
- [62] Naldi,L., Lorenzo,I.G., Parazzini,F., Gallus,S. & La Vecchia,C.: Pigmentary traits, modalities of sun reaction, history of sunburns, and melanocytic nevi as risk factors for cutaneous malignant melanoma in the Italian population: results of a collaborative case-control study. *Cancer* **88**, 2703-2710 (2000).
- [63] Nordlund,J.J. *et al.*: Demographic study of clinically atypical (dysplastic) nevi in patients with melanoma and comparison subjects. *Cancer Res.* **45**, 1855-1861 (1985).
- [64] Osterlind,A., Hjalgrim,H., Kulinsky,B. & Frenzt,G.: Skin cancer as a cause of death in Denmark. *Br. J. Dermatol.* **125**, 580-582 (1991).
- [65] Rodenas,J.M., Delgado-Rodriguez,M., Herranz,M.T., Tercedor,J. & Serrano,S.: Sun exposure, pigmentary traits, and risk of cutaneous malignant melanoma: a case-control study in a Mediterranean population. *Cancer Causes Control* **7**, 275-283 (1996).
- [66] Swerdlow,A.J. *et al.*: Benign naevi associated with high risk of melanoma. *Lancet* **2**, 168 (1984).
- [67] Swerdlow,A.J. *et al.*: Benign melanocytic naevi as a risk factor for malignant melanoma. *Br. Med. J. (Clin. Res. Ed)* **292**, 1555-1559 (1986).
- [68] Tucker,M.A. *et al.*: Clinically recognized dysplastic nevi. A central risk factor for cutaneous melanoma. *JAMA* **277**, 1439-1444 (1997).
- [69] Stierner,U., Augustsson,A., Rosdahl,I. & Suurkula,M.: Regional distribution of common and dysplastic naevi in relation to melanoma site and sun exposure. A case-control study. *Melanoma Res.* **1**, 367-375 (1992).
- [70] White,E., Kirkpatrick,C.S. & Lee,J.A.: Case-control study of malignant melanoma in Washington State. I. Constitutional factors and sun exposure. *Am. J. Epidemiol.* **139**, 857-868 (1994).
- [71] Bataille,V. *et al.*: The association between naevi and melanoma in populations with different levels of sun exposure: a joint case-control study of melanoma in the UK and Australia. *Br. J. Cancer* **77**, 505-510 (1998).
- [72] Grob,J.J. *et al.*: Count of benign melanocytic nevi as a major indicator of risk for nonfamilial nodular and superficial spreading melanoma. *Cancer* **66**, 387-395 (1990).
- [73] Coombs,B.D., Sharples,K.J., Cooke,K.R., Skegg,D.C. & Elwood,J.M.: Variation and covariates of the number of benign nevi in adolescents. *Am. J. Epidemiol.* **136**, 344-355 (1992).
- [74] Fritschi,L. *et al.*: Naevi in schoolchildren in Scotland and Australia. *Br. J. Dermatol.* **130**, 599-603 (1994).
- [75] Gallagher,R.P. *et al.*: Suntan, sunburn, and pigmentation factors and the frequency of acquired melanocytic nevi in children. Similarities to melanoma: the Vancouver Mole Study. *Arch. Dermatol.* **126**, 770-776 (1990).
- [76] Pope,D.J. *et al.*: Benign pigmented nevi in children. Prevalence and associated factors: the West Midlands, United Kingdom Mole Study. *Arch. Dermatol.* **128**, 1201-1206 (1992).

- [77] Sigg,C., Pelloni,F. & Schnyder,U.W.: Increased incidence of multiple melanoma in sporadic and familial dysplastic nevus cell syndrome. *Hautarzt* **40**, 548-552 (1989).
- [78] Easton,D.F., Cox,G.M., Macdonald,A.M. & Ponder,B.A.: Genetic susceptibility to naevi--a twin study. *Br. J. Cancer* **64**, 1164-1167 (1991).
- [79] Bataille,V., Snieder,H., MacGregor,A.J., Sasieni,P. & Spector,T.D.: Genetics of risk factors for melanoma: an adult twin study of nevi and freckles. *J. Natl. Cancer Inst.* **92**, 457-463 (2000).
- [80] Green,A., Siskind,V., Hansen,M.E., Hanson,L. & Leech,P.: Melanocytic nevi in schoolchildren in Queensland. *J. Am. Acad. Dermatol.* **20**, 1054-1060 (1989).
- [81] Osterlind,A., Tucker,M.A., Stone,B.J. & Jensen,O.M.: The Danish case-control study of cutaneous malignant melanoma. II. Importance of UV-light exposure. *Int. J. Cancer* **42**, 319-324 (1988).
- [82] Breitbart,M. *et al.*: A study of hungarian twins involving the influence of genetic and environmental factors of benign, melanocytic lesions. *Eur. J. Dermatol.* **6**, 548-551 (1996).
- [83] Wachsmuth,R.C. *et al.*: Heritability and gene-environment interactions for melanocytic nevus density examined in a U.K. adolescent twin study. *J. Invest Dermatol.* **117**, 348-352 (2001).
- [84] Clark,W.H. Jr., Reimer,R.R., Greene,M., Ainsworth,A.M. & Mastrangelo,M.J.: Origin of familial malignant melanomas from heritable melanocytic lesions. 'The B-K mole syndrome'. *Arch. Dermatol.* **114**, 732-738 (1978).
- [85] Rudolph,P.: Der dysplastische Nävus. *Pathologe* **23**, 128-134 (2002).
- [86] Elder,D.E., Goldman,L.I., Goldman,S.C., Greene,M.H. & Clark,W.H. Jr.: Dysplastic nevus syndrome: a phenotypic association of sporadic cutaneous melanoma. *Cancer* **46**, 1787-1794 (1980).
- [87] Annessi,G. *et al.*: Correlation between clinical atypia and histologic dysplasia in acquired melanocytic nevi. *J. Am. Acad. Dermatol.* **45**, 77-85 (2001).
- [88] Black,W.C. & Hunt,W.C.: Histologic correlations with the clinical diagnosis of dysplastic nevus. *Am. J. Surg. Pathol.* **14**, 44-52 (1990).
- [89] Curley,R.K., Cook,M.G., Fallowfield,M.E. & Marsden,R.A.: Accuracy in clinically evaluating pigmented lesions. *BMJ* **299**, 16-18 (1989).
- [90] Kelly,J.W., Crutcher,W.A. & Sagebiel,R.W.: Clinical diagnosis of dysplastic melanocytic nevi. A clinicopathologic correlation. *J. Am. Acad. Dermatol.* **14**, 1044-1052 (1986).
- [91] Augustsson,A., Stierner,U., Rosdahl,I. & Suurkula,M.: Common and dysplastic naevi as risk factors for cutaneous malignant melanoma in a Swedish population. *Acta Derm. Venereol.* **71**, 518-524 (1991).
- [92] Carli,P., Biggeri,A. & Giannotti,B.: Malignant melanoma in Italy: risks associated with common and clinically atypical melanocytic nevi. *J. Am. Acad. Dermatol.* **32**, 734-739 (1995).
- [93] Halpern,A.C. *et al.*: Dysplastic nevi as risk markers of sporadic (nonfamilial) melanoma. A case-control study. *Arch Dermatol* **127**, 995-9 (1991).
- [94] Roush,G.C., Nordlund,J.J., Forget,B., Gruber,S.B. & Kirkwood,J.M.: Independence of dysplastic nevi from total nevi in determining risk for nonfamilial melanoma. *Prev. Med.* **17**, 273-279 (1988).
- [95] Tiersten,A.D. *et al.*: Prospective follow-up for malignant melanoma in patients with atypical-mole (dysplastic-nevus) syndrome. *J. Dermatol. Surg. Oncol.* **17**, 44-48 (1991).
- [96] Carey,W.P. Jr. *et al.*: Dysplastic nevi as a melanoma risk factor in patients with familial melanoma. *Cancer* **74**, 3118-3125 (1994).

- [97] Greene,M.H. *et al.*: High risk of malignant melanoma in melanoma-prone families with dysplastic nevi. *Ann. Intern. Med.* **102**, 458-465 (1985).
- [98] Novakovic,B., Clark,W.H. Jr., Fears,T.R., Fraser,M.C. & Tucker,M.A.: Melanocytic nevi, dysplastic nevi, and malignant melanoma in children from melanoma-prone families. *J. Am. Acad. Dermatol.* **33**, 631-636 (1995).
- [99] Kraemer,K.H., Tucker,M., Tarone,R., Elder,D.E. & Clark,W.H. Jr.: Risk of cutaneous melanoma in dysplastic nevus syndrome types A and B. *N. Engl. J. Med.* **315**, 1615-1616 (1986).
- [100] Weichenthal,M.: Zur Epidemiologie melanozytärer Nävi im Kindesalter. 1-127. 2003. Medizinische Fakultät der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
Ref Type: Thesis/Dissertation
- [101] Elwood,J.M., Williamson,C. & Stapleton,P.J.: Malignant melanoma in relation to moles, pigmentation, and exposure to fluorescent and other lighting sources. *Br. J. Cancer* **53**, 65-74 (1986).
- [102] Gallagher,R.P., Elwood,J.M. & Hill,G.B.: Risk factors for cutaneous malignant melanoma: the Western Canada Melanoma Study. *Recent Results Cancer Res.* **102**, 38-55 (1986).
- [103] Whiteman,D.C., Valery,P., McWhirter,W. & Green,A.C.: Risk factors for childhood melanoma in Queensland, Australia. *Int. J. Cancer* **70**, 26-31 (1997).
- [104] Youl,P. *et al.*: Melanoma in adolescents: a case-control study of risk factors in Queensland, Australia. *Int. J. Cancer* **98**, 92-98 (2002).
- [105] Kricger,A., Armstrong,B.K. & English,D.R.: Sun exposure and non-melanocytic skin cancer. *Cancer Causes Control* **5**, 367-392 (1994).
- [106] Kricger,A., Armstrong,B.K., English,D.R. & Heenan,P.J.: Does intermittent sun exposure cause basal cell carcinoma? a case-control study in Western Australia. *Int. J. Cancer* **60**, 489-494 (1995).
- [107] Westerdahl,J., Olsson,H. & Ingvar,C.: At what age do sunburn episodes play a crucial role for the development of malignant melanoma. *Eur. J. Cancer* **30A**, 1647-1654 (1994).
- [108] Whiteman,D.C., Whiteman,C.A. & Green,A.C.: Childhood sun exposure as a risk factor for melanoma: a systematic review of epidemiologic studies. *Cancer Causes Control* **12**, 69-82 (2001).
- [109] Elwood,J.M., Gallagher,R.P., Davison,J. & Hill,G.B.: Sunburn, suntan and the risk of cutaneous malignant melanoma--The Western Canada Melanoma Study. *Br. J. Cancer* **51**, 543-549 (1985).
- [110] Marks,R.: Epidemiology of melanoma. *Clin. Exp. Dermatol.* **25**, 459-463 (2000).
- [111] Augustsson,A., Stierner,U., Rosdahl,I. & Suurkula,M.: Regional distribution of melanocytic naevi in relation to sun exposure, and site-specific counts predicting total number of naevi. *Acta Derm. Venereol.* **72**, 123-127 (1992).
- [112] English,D.R. & Armstrong,B.K.: Melanocytic nevi in children. I. Anatomic sites and demographic and host factors. *Am. J. Epidemiol.* **139**, 390-401 (1994).
- [113] Gallagher,R.P. *et al.*: Anatomic distribution of acquired melanocytic nevi in white children. A comparison with melanoma: the Vancouver Mole Study. *Arch. Dermatol.* **126**, 466-471 (1990).
- [114] Richard,M.A. *et al.*: Role of sun exposure on nevus. First study in age-sex phenotype-controlled populations. *Arch. Dermatol.* **129**, 1280-1285 (1993).
- [115] Armstrong,B.K., de Klerk,N.H. & Holman,C.D.: Etiology of common acquired melanocytic nevi: constitutional variables, sun exposure, and diet. *J. Natl. Cancer Inst.* **77**, 329-335 (1986).

- [116] Cooke,K.R. & Fraser,J.: Migration and death from malignant melanoma. *Int. J. Cancer* **36**, 175-178 (1985).
- [117] Harrison,S.L., MacLennan,R., Speare,R. & Wronski,I.: Sun exposure and melanocytic naevi in young Australian children. *Lancet* **344**, 1529-32 (1994).
- [118] Kelly,J.W. *et al.*: Sunlight: a major factor associated with the development of melanocytic nevi in Australian schoolchildren. *J. Am. Acad. Dermatol.* **30**, 40-48 (1994).
- [119] Popp,S., Waltering,S., Herbst,C., Moll,I. & Boukamp,P.: UV-B-type mutations and chromosomal imbalances indicate common pathways for the development of Merkel and skin squamous cell carcinomas. *Int J Cancer* **99**, 352-60 (2002).
- [120] Sorahan,T., Ball,P.M., Grimley,R.P. & Pope,D.: Benign pigmented nevi in children from Kidderminster, England: prevalence and associated factors. *J. Am. Acad. Dermatol.* **22**, 747-750 (1990).
- [121] Dulon,M. *et al.*: Sun exposure and number of nevi in 5- to 6-year-old European children. *J. Clin. Epidemiol.* **55**, 1075-1081 (2002).
- [122] Wiecker,T.S., Luther,H., Buettner,P., Bauer,J. & Garbe,C.: Moderate sun exposure and nevus counts in parents are associated with development of melanocytic nevi in childhood: a risk factor study in 1,812 kindergarten children. *Cancer* **97**, 628-38 (2003).
- [123] McKinlay,A.: Workshop round-up session rapporteur's report. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* **92**, 179-184 (2006).
- [124] Cokkinides,V.E., Weinstock,M.A., O'Connell,M.C. & Thun,M.J.: Use of indoor tanning sunlamps by US youth, ages 11-18 years, and by their parent or guardian caregivers: prevalence and correlates. *Pediatrics* **109**, 1124-1130 (2002).
- [125] Spencer,J.M. & Amonette,R.: Tanning beds and skin cancer: artificial sun + old sol = real risk. *Clin. Dermatol.* **16**, 487-501 (1998).
- [126] Mermelstein,R.J. & Riesenbergl,L.A.: Changing knowledge and attitudes about skin cancer risk factors in adolescents. *Health Psychol.* **11**, 371-376 (1992).
- [127] Oliphant,J.A., Forster,J.L. & McBride,C.M.: The use of commercial tanning facilities by suburban Minnesota adolescents. *Am. J. Public Health* **84**, 476-478 (1994).
- [128] Wichstrom,L.: Predictors of Norwegian adolescents' sunbathing and use of sunscreen. *Health Psychol.* **13**, 412-420 (1994).
- [129] Autier,P.: Perspectives in melanoma prevention: the case of sunbeds. *Eur. J. Cancer* **40**, 2367-2376 (2004).
- [130] Banks,B.A., Silverman,R.A., Schwartz,R.H. & Tunnessen,W.W. Jr.: Attitudes of teenagers toward sun exposure and sunscreen use. *Pediatrics* **89**, 40-42 (1992).
- [131] Fiala,B., Kopp,M. & Gunther,V.: Why do young women use sunbeds? A comparative psychological study. *Br. J. Dermatol.* **137**, 950-954 (1997).
- [132] Boldeman,C., Jansson,B., Nilsson,B. & Ullen,H.: Sunbed use in Swedish urban adolescents related to behavioral characteristics. *Prev. Med.* **26**, 114-119 (1997).
- [133] Boldeman,C., Jansson,B., Dal,H. & Ullen,H.: Sunbed use among Swedish adolescents in the 1990s: a decline with an unchanged relationship to health risk behaviors. *Scand. J. Public Health* **31**, 233-237 (2003).
- [134] Wester,U., Boldemann,C., Jansson,B. & Ullen,H.: Population UV-dose and skin area – do sunbeds rival the sun? *Health Phys.* **77**, 436-440 (1999).

- [135] De Vries,H., Willems,K., Mesters,I. & Reubsaet,A.: Skin cancer prevention behaviours during summer holidays in 14 and 18-year-old Belgian adolescents. *Eur. J. Cancer Prev.* **15**, 431-438 (2006).
- [136] Hamlet,N. & Kennedy,K.: Reconnaissance study of sunbed use by primary school children in Lanarkshire. *J. Public Health (Oxf)* **26**, 31-33 (2004).
- [137] Autier,P. *et al.*: Cutaneous malignant melanoma and exposure to sunlamps or sunbeds: an EORTC multicenter case-control study in Belgium, France and Germany. EORTC Melanoma Cooperative Group. *Int. J. Cancer* **58**, 809-813 (1994).
- [138] Autier,P.: Cutaneous malignant melanoma: facts about sunbeds and sunscreen. *Expert. Rev. Anticancer Ther.* **5**, 821-833 (2005).
- [139] Bataille,V., Winnett,A., Sasieni,P., Newton Bishop,J.A. & Cuzick,J.: Exposure to the sun and sunbeds and the risk of cutaneous melanoma in the UK: a case-control study. *Eur. J. Cancer* **40**, 429-435 (2004).
- [140] Bataille,V. *et al.*: A multicentre epidemiological study on sunbed use and cutaneous melanoma in Europe. *Eur. J. Cancer* **41**, 2141-2149 (2005).
- [141] Chen,Y.T. *et al.*: Sunlamp use and the risk of cutaneous malignant melanoma: a population-based case-control study in Connecticut, USA. *Int. J. Epidemiol.* **27**, 758-765 (1998).
- [142] Gallagher,R.P., Spinelli,J.J. & Lee,T.K.: Tanning beds, sunlamps, and risk of cutaneous malignant melanoma. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* **14**, 562-566 (2005).
- [143] Holly,E.A., Aston,D.A., Cress,R.D., Ahn,D.K. & Kristiansen,J.J.: Cutaneous melanoma in women. I. Exposure to sunlight, ability to tan, and other risk factors related to ultraviolet light. *Am. J. Epidemiol.* **141**, 923-933 (1995).
- [144] Holman,C.D. *et al.*: The causes of malignant melanoma: results from the West Australian Lions Melanoma Research Project. *Recent Results Cancer Res.* **102**, 18-37 (1986).
- [145] Karagas,M.R. *et al.*: Use of tanning devices and risk of basal cell and squamous cell skin cancers. *J. Natl. Cancer Inst.* **94**, 224-226 (2002).
- [146] Lazovich,D. & Forster,J.: Indoor tanning by adolescents: prevalence, practices and policies. *Eur. J. Cancer* **41**, 20-27 (2005).
- [147] Levine,J.A., Sorace,M., Spencer,J. & Siegel,D.M.: The indoor UV tanning industry: a review of skin cancer risk, health benefit claims, and regulation. *J. Am. Acad. Dermatol.* **53**, 1038-1044 (2005).
- [148] Swerdlow,A.J. *et al.*: Fluorescent lights, ultraviolet lamps, and risk of cutaneous melanoma. *BMJ* **297**, 647-650 (1988).
- [149] Walter,S.D. *et al.*: The association of cutaneous malignant melanoma with the use of sunbeds and sunlamps. *Am. J. Epidemiol.* **131**, 232-243 (1990).
- [150] Westerdahl,J. *et al.*: Use of sunbeds or sunlamps and malignant melanoma in southern Sweden. *Am. J. Epidemiol.* **140**, 691-699 (1994).
- [151] Westerdahl,J., Ingvar,C., Masback,A., Jonsson,N. & Olsson,H.: Risk of cutaneous malignant melanoma in relation to use of sunbeds: further evidence for UV-A carcinogenicity. *Br. J. Cancer* **82**, 1593-1599 (2000).
- [152] Young,A.R.: Tanning devices--fast track to skin cancer? *Pigment Cell Res.* **17**, 2-9 (2004).
- [153] Veierod,M.B. *et al.*: A prospective study of pigmentation, sun exposure, and risk of cutaneous malignant melanoma in women. *J. Natl. Cancer Inst.* **95**, 1530-1538 (2003).

- [154] Greinert,R., McKinlay,A. & Breitbart,E.W.: The European Society of Skin Cancer Prevention--EUROSKIN: towards the promotion and harmonization of skin cancer prevention in Europe. Recommendations. *Eur. J. Cancer Prev.* **10**, 157-162 (2001).