

UV-Exposition von Beachvolleyballern und deren Präventionsverhalten

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae
(Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Michael Frank Weber
geboren am 16. August 1987 in Plauen

Gutachter

1. Herr Prof. Dr. med. **Peter Elsner** (Universität Jena)
2. Frau Univ.-Prof. Dr. med. **Astrid Heutelbeck** (Universität Jena/Göttingen)
3. Frau Prof. Dr. med. **Manigé Fartasch** (Universität Bochum)

Tag der öffentlichen Verteidigung: 02.11.2020

Abkürzungsverzeichnis

°C	.....	<i>Grad Celsius</i>
BAuA	.....	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BfS	.....	<i>Bundesamt für Strahlenschutz</i>
ca	.....	<i>circa</i>
CIE	.....	Commission Internationale de l'Éclairage
cm	.....	<i>Zentimeter, Zentimeter</i>
Corp	.....	<i>Corporation</i>
DFB	.....	<i>deutscher Fußball-Bund</i>
DKD	.....	Deutscher Kalibrierdienst
DLV	.....	<i>deutsche Leichtathletik Verband</i>
Dr.	.....	<i>Doktor</i>
DVV	.....	<i>deutsche Volleyballverband</i>
DWD	.....	<i>deutscher Wetterdienst</i>
EG	.....	<i>27, Europäische Gemeinschaft</i>
et al.	.....	<i>und andere</i>
EU	.....	<i>Europäische Union</i>
Forsa	.....	Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH
FrFrau		
g		<i>Gramm</i>
GENESIS	.....	<i>generation and extracting system for individual exposure</i>
<u>h</u>		<i>Stunde</i>
HPV	.....	<i>humane Papillomviren</i>
IARC	.....	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IBM Corp	.....	International Business Machines Corporation
IFA	.....	<i>Institut für Arbeitsschutz</i>
IQR	.....	<i>interquartile range</i>
J		<i>Joule</i>
kg	.....	<i>Kilogramm</i>
<u>Lj</u>	.....	<i>Lebensjahr</i>
LSF	.....	<i>Lichtschutzfaktor</i>
m		<i>Meter</i>
m ²	.....	<i>Quadratmeter</i>
MED	.....	<i>minimale Erythemdosis</i>
MESZ	.....	<i>Mitteuropäische Sommerzeit</i>
mg	.....	<i>Milligramm</i>
min	.....	<i>Minuten</i>
mind	.....	<i>mindestens</i>
mm	.....	<i>Millimeter</i>
nm	.....	<i>nanometer</i>
NMSC	.....	Nonmelanoma Skin Cancer
Nr.	.....	<i>Nummer</i>
NSAR	.....	<i>nichtsteroidale Antirheumatika</i>
PPD	.....	<i>persistant pigment darkening</i>
Prof.	.....	<i>Professor</i>
PTB	.....	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
SD	.....	<i>Standardabweichung</i>
SED	.....	<i>Standarderythemdosis</i>

Str.....	<i>Straße</i>
UPF.....	Ultraviolet Protection Factor
USV.....	<i>Universitätssportverein</i>
UV.....	<i>Ultraviolett</i>
VC.....	<i>Volleyballclub</i>
VSV.....	<i>Volleyball Sportverein</i>
WHO.....	<i>World Health Organization</i>
z. B.....	<i>zum Beispiel</i>

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	7
2	Einleitung	9
2.1	Durch UV-Strahlung induzierte Karzinome der Haut	9
2.1.1	Nicht-melanozytäre Karzinome der Haut	10
2.1.2	Malignes Melanom der Haut.....	10
2.1.3	Risikofaktoren für nicht-melanozytäre Karzinome der Haut.....	11
2.1.4	Klassifikation von Hauttypen.....	12
2.2	UV-Strahlung	13
2.2.1	UVA	14
2.2.2	UVB	15
2.2.3	Einflüsse auf die Intensität von UV-Strahlung.....	15
2.2.4	Minimale Erythemdosis und Standardisierte Erythemdosis	16
2.2.5	UV-Index.....	17
2.2.6	Stark UV-exponierte Körperstellen – „Sonnenterrassen“	18
2.3	Risikogruppen für Nicht-melanozytäre Karzinome der Haut.....	19
2.3.1	Hautkrebs als Berufskrankheit	19
2.3.2	Beachvolleyball.....	22
2.4	Prävention des Hautkrebses.....	23
2.4.1	Technisch-organisatorische Maßnahmen	24
2.4.2	Individuelle Maßnahmen.....	24
2.4.3	Meidung der Sonne	25
2.4.4	Textiler Schutz.....	25
2.4.5	Lichtschutzpräparate	26
3	Zielsetzung der Arbeit	28
4	Material und Methoden.....	29
4.1	Probanden	29
4.2	Material.....	29
4.2.1	Datenlogger X2012-10 Gigahertz-Optik©.....	29
4.2.2	Fragebogen	31
4.3	Ablauf und Durchführung der personenbezogenen UV-Dosimetrie.....	31
4.4	Software und Statistische Methoden	35
5	Ergebnisse	36
5.1	Ergebnisse UV-Dosimetrie	36
5.1.1	Übersicht Erythemale UV-Bestrahlungsdosen.....	36
5.1.2	Messung der Erythem-wirksamen Globalstrahlung	38
5.1.3	Korrelation UV-Stativ und UV-Index und UV-Index Gruppen.....	39
5.1.4	Korrelation UV-Stativ und Temperatur.....	41
5.1.5	Korrelation UV-Stativ und Wetterlage	42

5.1.6	FTH (Faktor tatsächliche Bestrahlung zu horizontaler Bestrahlung).....	43
5.1.7	Körperstellenfaktor.....	44
5.2	Studienkollektiv.....	45
5.2.1	Allgemeine Daten	45
5.2.2	Sportverhalten	46
5.2.3	Expositionsverhalten.....	48
5.2.4	Sonnenschutzverhalten	50
6	Diskussion.....	52
6.1	Ergebnisse UV-Dosimetrie	52
6.2	UV-Stativ	55
6.2.1	Korrelation der gemessenen UV-Dosis mit dem UV-Index	55
6.2.2	Korrelation UV-Stativ mit dem FTH.....	56
6.3	Studienkollektiv.....	58
6.3.1	Allgemeine Daten	58
6.3.2	Sportverhalten	59
6.3.3	Expositionsverhalten.....	59
6.3.4	Präventionsverhalten	60
7	Schlussfolgerungen.....	61
8	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	63
9	Anhang.....	67
9.1	Tabellenverzeichnis.....	67
9.2	Abbildungsverzeichnis	68
9.3	Fragebogen Sport-, Expositions- und Präventionsverhalten	69
9.4	Lebenslauf.....	73
9.5	Danksagung	74
9.6	Ehrenwörtliche Erklärung	75

1 Zusammenfassung

Hautkrebs gehört zu den häufigsten Krebserkrankungen weltweit. Solare ultraviolette-Strahlung (UV-Strahlung), insbesondere UV-B Strahlung, ist ein Kanzerogen und stellt den Hauptrisikofaktor für Nicht-melanozytären Hautkrebs (NMSC) dar. Personen, die sich beruflich oder privat viel im Freien aufhalten, gehören zu den Risikogruppen für NMSC. Somit liegt der Verdacht nahe, dass Outdoor-Sportler ein erhöhtes Risiko für das Auftreten solar bedingter Hautschäden haben. Um die UV-Belastung von Sportlern zu quantifizieren, wurden in der Vergangenheit personendosimetrische Messungen unter anderem mit Radfahrern, Triathleten, Skifahrern, Bergsteigern und Tennisspielern durchgeführt. Beachvolleyballer fanden in dieser Hinsicht bisher keine Beachtung. Dabei zählt Beachvolleyball zu den Trendsportarten, dessen Image sich auf Sonne, Strand und unbedeckter Haut aufbaut und zunehmende Bedeutung im Breiten- und Profisportbereich erfährt. Zudem wird auf Sand gespielt, welcher ein erhöhtes Rückstrahlungsvermögen für UV-Strahlung aufweist. In Anbetracht dieser Tatsachen erscheinen eine Quantifizierung der UV-Exposition und eine Untersuchung des Sonnenschutzverhaltens von Beachvolleyballern notwendig.

Um die UV-Bestrahlungsdosis der Spieler unter realen Bedingungen zu quantifizieren, wurden in der vorliegenden Studie personendosimetrische Messungen während einer zweistündigen Trainingseinheit, von 12-14 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ), durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 60 Spieler an 15 Messtagen mit dem Datenlogger X2012-10 der Firma Gigahertz-Optik© dosimetriert. Jeder Spieler erhielt 5 Messgeräte. Diese wurden an Stirn, Nacken/oberer Rücken, Dekolleté, Oberarm und Wade platziert. Zeitgleich wurde ein Dosimeter auf einem Stativ befestigt, welches die horizontale Globalstrahlung maß und damit einen statischen Vergleichswert zu den einzelnen Körperpositionen lieferte. Die Werte wurden im Erythem-effektiven Spektralbereich mit der Maßeinheit J/m^2 aufgezeichnet.

Bei den gemessenen Körperpositionen waren die Stirn und der Nacken/oberer Rücken am stärksten exponiert. Die durchschnittliche UV-Bestrahlungsdosis der

Stirn lag bei $268,8 \text{ J/m}^2$ (SD $\pm 123,5 \text{ J/m}^2$) und die des Nackens/oberen Rückens bei $255,6 \text{ J/m}^2$ (SD $\pm 108,2 \text{ J/m}^2$). An 5 von 15 Trainingstagen wurde bei Probanden an der Stirn die Minimale Erythemdosis (MED) für den Hauttyp III (350 J/m^2) überschritten, am Nacken/oberen Rücken sogar an 8 von 15 Trainingstagen. Deutlich weniger exponiert waren die Oberarme, Waden und Dekolletés der Spieler. Für die Oberarme wurde eine durchschnittliche Bestrahlungsdosis von $164,8 \text{ J/m}^2$ (SD $\pm 62,0 \text{ J/m}^2$) gemessen und für die Waden $167,3 \text{ J/m}^2$ (SD $\pm 81,5 \text{ J/m}^2$). Die Dekolletés der Probanden waren am geringsten exponiert, hier lag die durchschnittliche Bestrahlungsdosis bei $81,1 \text{ J/m}^2$ (SD $\pm 33,2 \text{ J/m}^2$). Die gemessenen UV-Bestrahlungsdosen des horizontalen Datenloggers korrelierten stark mit der UV-Index-Prognose (UVI-Prognose) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ($p = 0,001$). Daher kann der UVI als zuverlässiges Instrument zur Vorhersage der Bestrahlungsstärke der Sonne und der UV-Dosis-Belastung von Beachvolleyballern genutzt werden. Neben der personendosimetrischen Untersuchung wurden die Probanden mittels Fragebogen zu deren Sport-, Expositions- und Präventionsverhalten befragt. Die Befragung der Spieler zeigte, dass diese stark affin gegenüber Outdoor-Sportarten sind und vermehrt Sonnenbrände über den Sommer hinweg erleiden. Das Präventionsbewusstsein der Spieler ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. 10,0 % der Befragten schützen sich nicht vor der Sonne. Demgegenüber gaben 53,3 % an, häufig/regelmäßig Lichtschutzpräparate vor Sporteinheiten zu applizieren.

Zusammenfassend reichte ein zweistündiges Beachvolleyball-Training aus, um an stark exponierten Körperstellen die MED des Hauttyps III (350 J/m^2) zu überschreiten. Beachvolleyballer sind affin gegenüber Outdoor-Sportarten und investieren viel Zeit für Trainingseinheiten im Freien. Daher muss man von hohen kumulativen Bestrahlungswerten der Spieler ausgehen, bei einem nur ungenügendem Präventionsverhalten. Die Folge ist ein erhöhtes Risiko der Spieler für solar bedingte Hautschäden. Weiterführende Forschung in diesem Themenbereich wäre empfehlenswert. In Zukunft muss die Verhaltens- und Verhältnisprävention von solar bedingtem Hautkrebs im Beachvolleyball in den Vordergrund gerückt werden.

2 Einleitung

2.1 Durch UV-Strahlung induzierte Karzinome der Haut

Hautkrebs ist weltweit die häufigste Krebsart. Man unterscheidet zwischen hellem und schwarzen Hautkrebs. Zum hellen Hautkrebs, dem nicht melanozytären Hautkrebs (NMSC), zählen das Basalzellkarzinom und das Plattenepithelkarzinom. Als schwarzer Hautkrebs wird das maligne Melanom bezeichnet, welches häufig aus dysplastischen Naevi hervor geht. Hauttumore stehen auch in Deutschland an erster Stelle der erfassten Krebserkrankungen. Ca. 293.000 Fallzahlen wurden für das Jahr 2015 angegeben (Katalinic 2018). Die Erkrankungsraten stiegen in den letzten Jahren deutlich an. Fallzahlschätzungen nahmen 2015 im Vergleich zu 2003 um ca. ein Drittel zu (Katalinic 2018), was durch das 2008 eingeführte Hautkrebsscreening erklärt werden kann und durch eine Sensibilisierung von Ärzten und der Bevölkerung gegenüber Hautkrebs (Barnes et al. 2016). Dabei ist die Exposition der Haut gegenüber natürlicher UV-Strahlung der führende Risikofaktor zur Entstehung des hellen Hautkrebses. Seit 2009 ordnet die International Agency for Research on Cancer (IARC) natürliche und künstliche UV-Strahlung in die höchste Kategorie krebsauslösender Faktoren ein. Hohe Inzidenzraten finden sich vor allem bei hellen Hauttypen, die genetisch bedingt einen geringen Schutz gegenüber UV-Strahlung aufweisen. Epitheliale Hauttumore entstehen in der überwiegenden Zahl durch die UV-Exposition in der Freizeit der Betroffenen (Bauer et al. 2015). 2015 wurde NMSC, bis auf das Basalzellkarzinom, in die Liste der anerkannten Berufskrankheiten aufgenommen (Diepgen et al. 2015). Um signifikante Unterschiede zwischen Freizeit- und beruflicher Exposition festzustellen, waren große personendosimetrische Messungen an Arbeitern der jeweiligen Berufsgruppen und der Gesamtbevölkerung durchgeführt worden (Knuschke 2007). Für Basalzellkarzinome und maligne Melanome ist die Datenlage bisher nicht ausreichend, um diese in die Liste der Berufskrankheiten aufzunehmen. Vor allem für die Entstehung von Basalzellkarzinomen ist UV-Strahlung ein wichtiger Risikofaktor, die bisherigen epidemiologischen Untersuchungen sind aber weniger eindeutig als die für das Plattenepithelkarzinom (Bauer et al. 2011).

2.1.1 Nicht-melanozytäre Karzinome der Haut

Nicht-melanozytäre Hauttumore sind sehr viel häufiger als Melanome, jedoch ist die Sterblichkeit geringer. Nur ca. 750 Menschen in Deutschland sterben jährlich an diesen Erkrankungen. 77 % der NMSC werden durch Basalzellkarzinome verursacht und ca. 22 % durch Plattenepithelkarzinome (Barnes et al. 2016) und die dazugehörige Präkanzerose, die aktinische Keratose. Im Gegensatz zum Plattenepithelkarzinom metastasiert das Basalzellkarzinom sehr selten. NMSC entstehen an bestimmten Körperstellen häufiger, meist an den sonnenexponierten Arealen, an denen eine chronische Lichtschädigung über die Lebenszeit erfolgt. Ein Zusammenhang zwischen der UV-Belastung durch Aufenthalt im Freien, während der Freizeit und im Beruf und der Entstehung von Plattenepithelkarzinomen gilt als gesichert (Fartasch 2011). Plattenepithelkarzinome zeigen sich häufig im Kopfbereich, vor allem aktinische Keratosen sind häufig bei männlichen Patienten mit lichtem Haar, auf der Stirn und der oberen Kopfhaut zu finden. Die Handrücken und die distalen Unterarme sind ebenfalls häufig betroffen. Bei Frauen gilt das Dekolleté als Risikobereich. Ein Risikofaktor für die Entstehung von Basalzellkarzinomen ist ebenfalls die UV-Strahlung. Sie treten auch an lichtexponierten Stellen, wie Kopf und Nacken auf. Bisher ist jedoch ungeklärt, warum die Handrücken kaum befallen sind (Braun-Falco 2005). Außerdem treten ca. 20 % der Basalzellkarzinome an wenig oder nur intermittierend sonnenexponierten Stellen auf (Krickler et al. 1995). An diesen Stellen werden kurzzeitig hohe Dosen UV-Strahlung, z. B. durch Sonnenbrände, für die Karzinogenese verantwortlich gemacht (Fartasch 2011). Basalzellkarzinome wachsen langsam und wirken lokal destruierend.

2.1.2 Malignes Melanom der Haut

Das maligne Melanom tritt seltener auf als NMSC. 2013 erkrankten in Deutschland ca. 22.000 Personen an dieser Form des Hautkrebses (Barnes et al. 2016). Zu einer genetischen Prädisposition und multiplen Pigmentmalen (Brix et al. 2012) kommt als einziger beeinflussbarer Risikofaktor die UV-Exposition hinzu (Armstrong und Krickler 1993). Speziell die Einwirkung von UV-A Strahlung wird diskutiert, dabei spielen DNA

Interaktionen über indirekt induzierte reaktive Sauerstoffspezies eine Rolle (Brix et al. 2012). Dunkelhäutige Personen erkranken sehr viel seltener an malignen Melanomen (Black et al. 1997). Häufig sind Körperstellen betroffen, die intermittierend hohen UV-Dosen ausgesetzt sind, wie der Körperstamm bei Sonnenbränden. Körperpartien, die hohen kumulativen Dosen ausgesetzt sind wie Handrücken und Kopf, sind selten betroffen. Besonders vulnerabel scheint die kindliche Haut zu sein, so wird vermutet, dass Sonnenbrände in der Kindheit das Risiko für die Erkrankung erhöhen (Elwood et al. 1985). Eine steigende Inzidenz des Melanoms scheint durch eine erhöhte Aufmerksamkeit für Hautkrebs, im Rahmen des Hautkrebsscreenings für gesetzlich Versicherte seit 2008, erklärbar zu sein. Zudem wird eine sich wandelnde Freizeitgestaltung der Bevölkerung diskutiert, dabei scheinen Outdoor-Aktivitäten und Urlaubsreisen in sonnenreiche Länder eine Rolle zu spielen (Barnes et al. 2016).

2.1.3 Risikofaktoren für nicht-melanozytäre Karzinome der Haut

Es ist bekannt, dass natürliche UV-Strahlung der wichtigste Risikofaktor für die Entstehung von aktinischen Keratosen, Plattenepithelkarzinomen und Basalzellkarzinomen darstellt (Saladi und Persaud 2005). Dabei ist der Zusammenhang von kumulativer UV-Exposition und Schädigung der Haut weitreichend wissenschaftlich belegt (Armstrong und Kricger 2001), (ICNRP 2004). Als einziger konstitutioneller Risikofaktor zählt der Hauttyp. Dabei haben helle Hauttypen ein erhöhtes Risiko an NMSC zu erkranken (Gallagher et al. 1995). Zu den weiteren Risikofaktoren zählen: immunsuppressive Therapien, NMSC in der Vorgeschichte und Röntgenkombinationsschäden (AWMF 2014). Des Weiteren können Teer, Arsen und Infektionen mit humanen Papillomviren (HPV) das Risiko für die Entstehung von NMSC erhöhen (AWMF 2014).

2.1.4 Klassifikation von Hauttypen

Die Einteilung der individuellen UV-Empfindlichkeit erfolgt häufig nach Fitzpatrick (Fitzpatrick 1975), hierbei werden die Hauttypen I bis VI unterschieden. Eine Einteilung speziell auf europäische Hauttypen angepasst, kann nach Greiter erfolgen (Greiter 1984). Dabei werden die verschiedenen Hauttypen in die Gruppen I bis IV eingeteilt. Zur Einteilung des jeweiligen Typus werden die Haut-, Augen- und Haarfarbe herangezogen, sowie das Bräunungsverhalten der Haut und die Neigung zu Sonnenbränden. In Nord- und Mitteleuropa sind die Typen I bis III am häufigsten (Kappas 2012), wobei Hauttyp II und III in Deutschland circa 92 % ausmachen (Brix et al. 2012). In Tab. 1 werden nähere Angaben zu den einzelnen Hauttypen gemacht. So zeigt Hauttyp I so gut wie keine Bräunung nach UV-Bestrahlung, sondern reagiert meist mit Sonnenbränden und Bildung von Sommersprossen. Häufig wird im Zusammenhang mit den Hauttypen die Eigenschutzzeit der Haut angegeben, sie liegt zwischen 5 und 30 min für die häufigsten Hauttypen in Mitteleuropa (Dummer 2013). Diese Zeitspanne dauert es ungefähr bis ein Erythem im Hochsommer zur Mittagszeit auftritt.

Tab. 1: Hauttypen nach F. Greiter und Häufigkeit des Auftretens in Deutschland (DWD 2015)

Hauttyp	Häufigkeit [%]	Sonnenbrand und Hautreaktion	Schwellendosis MED [J/m ²]
I	2	Immer schnell Sonnenbrand; kaum oder keine Bräunung auch nach wiederholten Bestrahlungen	200
II	12	Fast immer Sonnenbrand; mäßige Bräunung nach wiederholten Bestrahlungen	250
III	78	Mäßig oft Sonnenbrand; fortschreitende Bräunung nach wiederholter Bestrahlung	350
IV	8	Selten Sonnenbrand; schnell einsetzende Bräunung	450

2.2 UV-Strahlung

Ultraviolette Strahlung, als Teil der solaren Strahlung oder aus künstlichen Quellen, besteht aus elektromagnetischen Wellen, welche für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Sie umfasst Wellenlängen von 100-400 nm. UV-Strahlung wird weiter unterteilt in die Unterkategorien UVA, UVB, UVC. Da UVC größtenteils von der Atmosphäre gefiltert wird und nicht auf die Erdoberfläche gelangt, spielt es für Lichtschäden der Haut keine Rolle. UVB wird zu ca. 90 % von Ozon gefiltert, UVA hingegen zu weniger als 3 % (Kappas 2012). Verallgemeinernd lässt sich sagen: Strahlung mit kürzerer Wellenlänge ist energiereicher und damit verbunden ist eine hohe schädigende Wirkung auf die Haut. Jedoch gehen kürzere Wellenlängen mit geringeren Eindringtiefen in die Haut einher und höherer Absorption in der Atmosphäre. Die biologische Wirkung von UV-Strahlung wird einerseits durch die Intensität, die Dauer der Einwirkung und die spektrale Zusammensetzung der Strahlung bestimmt (Diffey 1990), demgegenüber steht die individuelle Widerstandsfähigkeit der Haut (Kappas 2012). Zu den positiven Wirkungen von UVB zählt die photochemisch getriggerte Umwandlung von Pro-Vitamin-D₃ zu Prä-Vitamin-D₃ durch Absorption in der Haut (Brix et al. 2012). Das aktive Vitamin-D reguliert den Mineral- und Knochenstoffwechsel (Vieth 2005). Eine Unterversorgung an Sonnenstrahlung kann zu einem Vitamin-D-Mangel führen, ein schwerer Mangel kann bei Kindern zu Rachitis führen, bei Erwachsenen zu Osteomalazie. Viele weitere Wirkungen von Vitamin D auf den menschlichen Organismus werden derzeit diskutiert und sind Gegenstand aktueller Forschung. Unter anderem werden eine Beeinflussung des Immunsystems, Auswirkungen auf die Psyche und Hemmung von Zellteilungsvorgängen diskutiert. Empfehlungen hinsichtlich einer angemessenen Aufenthaltsdauer in der Sonne, zur ausreichenden Vitamin-D-Bildung, sind nicht einheitlich. Als Faustregel gilt eine Aufenthaltsdauer von 10-15 min in der Sonne, zwischen 11-15 Uhr, von Mitte März bis Mitte Oktober, als ausreichend. Zu weiteren positiven Effekten von UVA und UVB zählen der Einsatz in der medizinischen UV-Phototherapie und Photochemotherapie bei zahlreichen dermatologischen Erkrankungen, u.a. bei Psoriasis und atopischer Dermatitis. Dabei macht man sich immunmodulatorische und immunsuppressive Effekte über eine Beeinflussung von T-Zellen zu Nutze (Norval et al. 2008). UV-Strahlung führt weiterhin zu einer

Pigmentierung der Haut, dieser Effekt wird in der westlichen Welt häufig mit Gesundheit in Verbindung gebracht, sollte jedoch eher als Schutzmechanismus der Haut angesehen werden. Negative Auswirkungen der UV-Strahlung betreffen vor allem die Haut und das Auge. Dabei werden die schädigenden Auswirkungen in kurzfristige und langfristige Folgen unterteilt. Langfristige Schäden können vor allem über eine kumulative Dosis abgeschätzt werden. Kurzfristig kann UV-Strahlung zu einem Erythema solare, dem sogenannten Sonnenbrand führen. Dieser entwickelt nach einer Latenz von bis zu 24 Stunden seine stärkste Ausprägung und wird vorwiegend durch eine Zellentzündung durch Cyto- und Chemokine hervorgerufen (Farr et al. 1988). Des Weiteren kann es zu photoallergischen und phototoxischen Reaktionen kommen, diese werden vor allem den langwelligen Anteilen der solaren Strahlung zugeschrieben (Johnson und Ferguson 1990). Phototoxische Reaktionen werden durch das Zusammenwirken von UV-Strahlung und einem Trigger, zum Beispiel Medikamente wie nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) und Flurorchinolone ausgelöst. Langfristige Folgen der UV-Strahlung werden hauptsächlich durch DNA schädigende Einflüsse, zum Beispiel UV-getriggerte Thymin-Dimerisation und Immunmodulation, hervorgerufen (Matsumura und Ananthaswamy 2002), (Baadsgaard et al. 1990).

2.2.1 UVA

UVA umfasst den Wellenlängenbereich von 315–400 nm. Es gehört zu den langwelligen UV-Strahlen und dringt daher bis tief in die Dermis ein und erreicht im Auge die Netzhaut. Es macht mit über 97 % den Großteil der auf die Haut wirkenden UV-Strahlung, durch die Sonne, aus. UVA führt langfristig zum sogenannten Photoaging, da kollagene Strukturen in der Lederhaut geschädigt werden (Kligman 1986). Zudem wird eine karzinogene Wirkung in Bezug auf die Entstehung von Melanomen diskutiert. Ein kurzfristiger Effekt ist die direkte Pigmentierung der Haut, aufgrund einer Konformationsänderung des Melanins in den Melanozyten durch Oxidation. Dieser Effekt ist reversibel und führt nicht zur anhaltenden Bräunung oder UV-Schutz der Haut. UVA führt erst in höheren Dosen zu einem Erythem und dringt durch Fensterglas.

2.2.2 UVB

UVB liegt im Wellenlängenbereich von 280-315 nm. Es ist damit energiereicher als UVA, dringt jedoch nur in die oberflächlichen Hautschichten ein und wird da absorbiert. Es ist der Anteil der UV-Strahlung mit der stärksten erythemalen (Anders et al. 1995) und kanzerogenen Wirkung (Fartasch 2011). Die biologische Wirksamkeit von UVB ist im Vergleich zu UVA um den Faktor 1000 höher (Diffey 1990). Die Haut reagiert auf Bestrahlung mit einer indirekten Pigmentierung, nach circa 72 Stunden, durch Anregung der Melanozyten zur Melaninbildung (Parrish et al. 1982). Dieser Effekt führt zu einer reversiblen Bräunung der Haut und einem erhöhten UV-Schutz in der Folgezeit. Zudem erfolgt nach langandauernder Bestrahlung eine Hornschichtverdickung der Haut und eine sogenannte Lichtschwiele entsteht (Kappas 2012). Im Prinzip könnten diese Mechanismen die Schwellendosis für ein Erythem um den Faktor 40 anheben, dies wäre jedoch mit erheblichen DNA-Schäden verbunden (Brix et al. 2012).

2.2.3 Einflüsse auf die Intensität von UV-Strahlung

Die Intensität von UV-Strahlen variiert mit der Tageszeit, ca. 75 % der täglichen UV-Dosis trifft zwischen 9 und 15 Uhr auf die Erdoberfläche (Diffey 1990). Im jahreszeitlichen Verlauf haben der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und die Beschaffenheit der Ozonschicht entscheidenden Einfluss auf die Intensität von UV-Strahlen. Bei einem Einfallswinkel von 90° ist die Wirkung der Sonnenstrahlen am stärksten (Lim und Cooper 1999). In der gemäßigten Klimazone, in welcher sich Deutschland befindet, können solche Einstrahlungswinkel in den Sommermonaten erreicht werden. Weitere Einflussfaktoren auf bodennahe UV-Strahlung sind Wolken, Aerosole und Albedo, das sogenannte Rückstrahlungsvermögen von Oberflächen (Kappas 2012). Dabei kann es auf hellem Sand zu 30 bis 40 % höheren UV-Werten durch Rückstrahlung kommen (Markstaler 2018). Beim Durchtritt durch Wolken werden UV-Strahlen durch Streuprozesse an Wassertropfen meist geschwächt. Dabei ist der Grad der Abschwächung nur schwierig abzuschätzen, da Wolken in Größe, Typ und Höhe über dem Erdboden variieren (Ruggaber 1994). Eine fast

vollständige Abschwächung bis hin zu einer Steigerung der UV-Intensität durch bodennahe Reflektionen ist dabei möglich. Es kann bei leichter Bewölkung zu einer Zunahme der solaren UV-Belastung von 10 % bis 30 % gegenüber wolkenlosem Himmel kommen (DWD 2002). Zudem kommt es in Höhenlagen zu einer verstärkten UV-Belastung, man geht von bis zu 10% Steigerung pro 1000 Höhenmeter aus (DWD 2015).

2.2.4 Minimale Erythemdosis (MED) und Standardisierte Erythemdosis (SED)

Als MED wird die Strahlendosis bezeichnet, die mindestens erforderlich ist, um eine Rötung der Haut hervorzurufen. Man kann die MED als Toleranzgröße der Haut gegenüber UV-Strahlung betrachten. Sie ist individuell unterschiedlich hoch und lässt sich durch den Hauttyp abschätzen. Die Höhe der MED beträgt für dem Hauttyp II nach Fitzpatrick circa 250 J/m^2 und ist bei Hauttyp V circa doppelt so hoch (Kollias et al. 1996). In der Dermatologie wird sie häufig im Rahmen von Phototherapien bestimmt, mithilfe einer sogenannten Lichttreppe. Dabei werden mehrere Testfelder mit unterschiedlichen UV-Dosen bestrahlt und nach 12-24 Stunden abgelesen. Da die Ablesung durch den Untersuchenden subjektiv ist und die Strahlungsquellen unterschiedliche Spektren aufweisen können, wurde die SED eingeführt. Eine SED entspricht einer Erythem-effektiven Bestrahlung mit 100 J/m^2 , dieser Wert ist im Vergleich zur MED Hauttypen unabhängig.

2.2.5 UV-Index

Seit 1996 gibt es in Deutschland den sogenannten UV-Index (UVI). Dieser wurde entwickelt, um die Öffentlichkeit über die aktuelle UV-Belastung zu informieren und gleichzeitig präventive Ratschläge zu geben. Der UVI wird meist im Rahmen der Wettervorhersage kommuniziert. In Deutschland ermitteln der Deutsche Wetterdienst (DWD) und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die regional unterschiedlichen UV-Indices. Entwickelt wurde der UVI gemeinsam von der World Health Organization (WHO), der Weltorganisation für Meteorologie, dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen und der internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung. Der UVI gibt den Tageshöchstwert der Erythem-wirksamen Strahlungsstärke, über eine Dauer von 10 bis 30 min, wieder. Der UVI wird als dimensionsloser ganzzahliger Wert, von Null ab angegeben. Die UVI-Werte werden berechnet, indem man bisher gemessene UV-Werte statistisch auswertet und aktuelle Wetterdaten mit einbezieht (Kappas 2012). Ein UVI > 5 steht für eine hohe UV-Belastung, ab einem UVI von ≥ 3 werden Sonnenschutzmaßnahmen empfohlen. In einem Schutzschema der WHO werden konkrete Maßnahmen für den jeweiligen UVI angegeben. Ein auf Deutschland bezogenes Schema wird vom DWD und dem BfS auf deren Homepages veröffentlicht. In Zukunft soll der aktuelle UVI mit den dazugehörigen Präventionsempfehlungen stärker ins Licht der Öffentlichkeit gerückt werden (AWMF 2014). Es gibt aber auch Kritikpunkte am UVI. Zum einen wird der Index für horizontale Flächen definiert, dadurch kann die Einstrahlung der schräg stehenden Sonne auf geneigte Flächen am Körper, wie der Nase, unterschätzt werden. Der UVI kann zudem in Gebieten mit reflektierenden Grenzflächen wie Schnee und hellem sandigen Untergrund zu niedrig prognostiziert werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die Präventionsempfehlungen nicht spezifisch für den jeweiligen Hauttyp aufgeschlüsselt werden (AWMF 2014).

Tab. 2: Empfohlenes UVI-Schutzschema von der WHO/WMO/ICNIRP/SSK (Kappas 2012)

UV-Index	Klassifikation	Zeit zum Erreichen eines Erythems (Hauttyp II)	empfohlene Schutzmaßnahmen
>10	extrem	ab >10 min	mittags Innenraum, unbedingt Hemd, Hut, Sonnenbrille, Sonnenlotion
8,9,10	sehr hoch	ab >15 min (UVI 10)	mittags Innenraum, unbedingt Hemd, Hut, Sonnenbrille, Sonnenlotion
6,7	hoch	ab >25 min (UVI 7)	mittags Schatten, Hemd, Hut, Sonnenbrille, Sonnenlotion
3,4,5	moderat	ab >35 min (UVI 5) ab >60 min (UVI 3)	mittags Schatten, Hemd, Hut, Sonnenbrille, Sonnenlotion
1,2	niedrig	ab >90 min	keine erforderlich

2.2.6 Stark UV-exponierte Körperstellen – „Sonnenterrassen“

Die verschiedenen Hautareale des menschlichen Körpers sind unterschiedlich stark UV-Strahlen ausgesetzt. Das liegt unter anderem am jahreszeitlichen Einfallwinkel der Sonne, am Kleidungsverhalten und am Bewegungsmuster bzw. der Körperhaltung der jeweiligen Person (Knuschke 2007). Stark exponierte Körperpartien werden als „Sonnenterrassen“ bezeichnet. Hierzu zählen: die unbehaarte Kopfhaut, der Nasenrücken, die empfindlichen Augenpartien, die Wangen, die Ohren, die Lippen, die Schultern, der Rücken, das Dekolleté, sowie die Fußrücken (AWMF 2014). Plattenepithelkarzinome treten zu 90 % auf Sonnenterrassen auf (Vitasa et al. 1990). Diese Stellen sollten daher besondere Aufmerksamkeit bei präventiven Maßnahmen erhalten.

2.3 Risikogruppen für Nicht-melanozytäre Karzinome der Haut

Ein erhöhtes Risiko an NMSC zu erkranken tragen alle diejenigen, die die Risikofaktoren aus Kapitel 2.1.3 erfüllen. Dabei stellt natürliche UV-Strahlung den schwerwiegendsten Risikofaktor dar. Daraus ergibt sich, dass Personen mit erhöhter UV-Exposition, im Vergleich zur Normalbevölkerung, als gefährdet gelten. Hierbei unterscheidet man zwischen beruflich Exponierten und Personen, die sich in ihrer Freizeit und im Urlaub verstärkt der Sonne aussetzen. Um eine berufliche Mehrbelastung zu quantifizieren und gefährdete Berufsgruppen zu detektieren, wurde in den letzten Jahren viel Forschung betrieben. Als Folge dessen wurden Plattenepithelkarzinome und multiple aktinische Keratosen in die Liste der Berufskrankheiten aufgenommen. Personen, welche vermehrt Outdoor-Sport betreiben, haben ebenfalls eine erhöhte kumulative Exposition gegenüber natürlicher UV-Strahlung. Dabei ist die Höhe der UV-Exposition abhängig von der Anzahl an Trainingsstunden, der Uhrzeit der Trainingseinheiten, dem Trainingsort und dem Zeitraum über den eine Sportart ausgeübt wurde. An dieser Stelle kann noch zwischen Profisportlern, welche ihren Lebensunterhalt mit Sport bestreiten und Hobbysportlern unterschieden werden. Dabei darf der zeitliche Trainingsaufwand von Hobbysportlern nicht unterschätzt werden. Federführend bei der Erforschung der UV-Exposition von Sportlern in Deutschland ist Prof. Dr. med. M. Möhrle aus Tübingen. Dieser untersuchte Radprofis und Triathleten, mittels personenbezogener UV-Dosimetrie, bei Wettkämpfen. Starke UV-Expositionen von Bergsteigern und Skifahrern sind in der Literatur ebenfalls beschrieben. Für diese Risikogruppen spielen erhöhte UV-Belastungen durch große Höhen über dem Meeresspiegel und reflektierende Oberflächen wie Schnee eine große Rolle. Beachvolleyballer wurden bisher nicht untersucht, obwohl eine erhöhte UV-Exposition der Spieler nahe liegt.

2.3.1 Hautkrebs als Berufskrankheit

Plattenepithelkarzinome und multiple aktinische Keratosen, entstanden durch natürliche UV-Strahlung, wurden 2015 in die Liste der Berufskrankheiten (Nr. 5103, Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung) aufgenommen. In Deutschland gibt es

ca. 3 Millionen Arbeitnehmer, die einen erheblichen Teil ihrer Arbeitszeit im Freien verbringen oder im südlichen Ausland tätig sind (Diepgen et al. 2015). Insbesondere Arbeiter aus den Bereichen der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Seefahrt, Baugewerbe und Handwerk (z. B. Dachdecker, Zimmerleute, Bauarbeiter, Maurer, Stahlbauschlosser, Schweißer an Brücken, Straßenbauer), sowie Bademeister und Bergführer sind betroffen (Diepgen et al. 2015). Professionelle Sportler, die den Großteil ihrer Trainings- und Wettkampfzeit im Freien verbringen, wie z. B. Fußballer, Radfahrer, Leichtathleten und Beachvolleyballer, finden hier leider keine Erwähnung. Damit eine Erkrankung als Berufskrankheit anerkannt wird, müssen folgende Kriterien erfüllt sein: die ausgeübte Tätigkeit muss versichert sein, eine gewisse Dauer der Exposition muss erfolgt sein und die schädigende Wirkung muss eklatant höher sein als in der restlichen Bevölkerung. Das Risiko muss verdoppelt sein um als erheblich erhöht zu gelten (Diepgen et al. 2015). Es wurde postuliert, dass die berufsbedingte UV-Exposition des betroffenen Hautareals um 40 % erhöht sein muss, um eine Verdopplung des Risikos zu erreichen, da eine überadditive Dosis-Wirkungsbeziehung besteht (Nowak 2018). In Deutschland erhalten Personen eine durchschnittliche Exposition von 130 SED natürlicher UV-Strahlung pro Jahr, wenn sie nicht im Freien arbeiten. Arbeitsbedingt kommen bei einem vollen Outdoor-Arbeitsjahr, d.h. ein volles Jahr im Freien arbeiten, 170 SED hinzu (Nowak 2018). Der Ganzjahres Referenzwert für Arbeit im Freien liegt somit bei 300 SED. Zur Erhebung der UV-Referenzwerte für Freizeit- versus Arbeitsexposition, wurden großangelegte personendosimetrische Messungen durchgeführt. Ansonsten wäre eine Unterscheidung von berufsbedingtem Hautkrebs und Hautkrebs auf der Grundlage von erhöhter UV-Exposition im Freizeit- und Urlaubsverhalten unmöglich (Knuschke 2007).

2.3.1.1 Körperstellenfaktor

Zur Erhebung der UV-Expositionen von Outdoor-Arbeitern wurden häufig deren Brustposition oder deren linker Oberarm dosimetriert. Somit existieren für diese Körperareale die größten Datenmengen. In der Vergangenheit erfolgten detailliertere Messungen, welche spezifisch auf die Bewegungsmuster der jeweiligen

Berufsgruppen zugeschnitten wurden (Knuschke 2007). Da nicht alle Körperstellen während der Arbeit dosimetrisch messbar sind, wurden aus Daten vorheriger Studien sogenannte Körperstellenfaktoren errechnet. Diese ermöglichen die Umrechnung und den Vergleich verschiedener Hautpartien. Dabei wird das Verhältnis der mittleren UV-Exposition eines Hautareals im Vergleich zur Brustposition oder zum linken Oberarm beschrieben (Wittlich et al. 2016).

Tab. 3: Beispiele für Körperstellenfaktor, Referenz linker Oberarm (Wittlich et al. 2016)

Körperstelle	Körperstellenfaktor
Stirn	1,50
Kopf (Scheitel)	3,30
Hinterkopf	1,30
Nacken	1,70
Schulter	1,00
Brust	1,50

2.3.1.2 Faktor tatsächliche Bestrahlung zu horizontaler Bestrahlung

Mit dem Faktor tatsächliche Bestrahlung zu horizontaler Bestrahlung (FTH) kann die UV-Exposition einzelner Körperstellen abgeschätzt werden, ohne diese direkt zu messen. Im Unterschied zum Körperstellenfaktor wird beim FTH das Verhältnis der UV-Exposition einer Körperposition zur horizontalen Globalstrahlung gebildet. Dem zugrunde liegt die Annahme dass eine gute Korrelation zwischen der gemessenen UV-Exposition einzelner Körperpositionen und der Erythem-wirksamen horizontalen Globalstrahlung besteht (Weber 2007). Errechnet wird dieser Faktor mit der Formel:

$$\text{FTH} = (\text{tatsächliche Bestrahlung } [\frac{\text{J}}{\text{m}^2}]) / (\text{horizontale Bestrahlung } [\frac{\text{J}}{\text{m}^2}])$$

2.3.2 Beachvolleyball

Beachvolleyball ist eine Ballsportart und zählt zu der Gruppe der Rückschlagspiele. Es wird im Sand und unter freiem Himmel ausgetragen. Ab dem Amateurbereich wird nach den Regeln der Fédération Internationale de Volleyball gespielt (Volleyball-Verband 2013). Es wird 2 gegen 2 gespielt, auf einer 8 Meter mal 16 Meter großen Spielfläche. Beachvolleyball ist in Deutschland eine populäre Sportart. Immer mehr Jugendliche folgen dieser Trendsportart und sehen sie als Teil ihres Lifestyles (Hübscher 2013). Vom semiprofessionellen und professionellen Bereich, die über Landesverbände der Bundesländer und vom Deutschen Volleyball Verband koordiniert werden, bis hin zu Breitensportevents für Freizeitspieler, ist das Angebot groß. Mit steigender Beliebtheit steigt auch die Zahl der Beachvolleyballfelder zum Beispiel in Multifunktionsanlagen, Freibädern, Hotelanlagen und Schulen. Allein in Berlin gab es 2015 bereits 124 Beachvolleyballfelder, Tendenz steigend (Tagesspiegel 2015). Beachvolleyball entwickelte sich in den 30er Jahren in den USA, als Ableger des Hallenvolleyballs. Seitdem wird die Sportart professionalisiert. Rund 10 Jahre später wurde Beachvolleyball in Brasilien populär, wo es mittlerweile nach Fußball die zweitpopulärste Sportart ist (Hübscher 2013). Seit den olympischen Spielen 1996 in Atlanta, gehört Beachvolleyball zum festen Bestandteil der Olympischen Sommerspiele. In Deutschland kam es zu einem sprunghaften Anstieg des öffentlichen Interesses an Beachvolleyball während der Olympischen Sommerspiele 2012. Dort gewannen Julius Brink und Jonas Reckermann Gold. Das Finalspiel wurde von 8,06 Millionen Deutschen im Fernsehen verfolgt (Welt 2012). Laut einer Allensbacher Umfrage zeigte sich bereits 2001, dass sich 6,5 Millionen Bundesbürger regelmäßig mit Beachvolleyball beschäftigten (Meyer 2008). Da Beachvolleyball vor allem in den Sommermonaten gespielt wird, gehen Trainingseinheiten und Turniere mit einer UV-Belastung der Spieler einher. Die UV-Exposition und das Präventionsverhalten der Spieler werden in dieser Arbeit untersucht.

2.4 Prävention des Hautkrebses

Hautkrebs führt zu einer starken finanziellen Belastung der Gesundheitssysteme in Europa, er ist die häufigste Krebsart und verursacht daher vergleichsweise hohe Kosten (Stang et al. 2008). In Zahlen für Deutschland ausgedrückt, sind es etwa 200 Millionen Euro für das maligne Melanom und 320 Millionen Euro für NMSC, dabei werden nur direkt entstandene Kosten berücksichtigt (AWMF 2014). Durch die hohe Anzahl der Betroffenen und die damit verbundenen Ausgaben, kann man die Wichtigkeit der Prävention dieser Erkrankungen ableiten. Eine führende Rolle beim Thema Prävention spielt das BfS, es ist eine organisatorisch selbstständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Die Hauptaufgaben des BfS sind Sicherheit im Umgang und Schutz vor Strahlung, dabei geht es neben der Abwehr von unmittelbaren Gefahren um Vorsorge zum Schutz der Bevölkerung, der Beschäftigten in der Arbeitswelt sowie der Patientinnen und Patienten in der Medizin. Eine besondere Bedeutung kommt dem vom BfS koordinierten UV-Schutz-Bündnis zu. Es ist eine Kooperation namhafter Gesellschaften, Organisationen und Behörden aus Strahlenschutz, Medizin, Wissenschaft und Arbeitsschutz, deren Hauptaufgabe vor allem die Verhältnisprävention ist. Weitere Ziele sind politische Etablierung, Finanzierung, praktische Umsetzung, nachhaltige Kompetenzgenerierung, sowie Kompetenzerhalt zur Reduktion von UV-bedingtem Hautkrebs in Deutschland (UV-Schutz-Bündnis 2017). Zu den Adressaten zählen auch Sportverbände wie der deutsche Fußballbund (DFB) und der deutsche Leichtathletik Verband (DLV), jedoch nicht der deutsche Volleyballverband (DVV). Maßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung können grob in technisch-organisatorische und individuelle Maßnahmen untergliedert werden. Unterschiede in den Präventionsempfehlungen für beruflich Exponierte und Exponierte durch Freizeitaktivitäten sind kaum auszumachen. Daher werden im folgenden Präventionsempfehlungen für Außenarbeiter auf Outdoor-Sportler abgeleitet.

2.4.1 Technisch-organisatorische Maßnahmen

Zum Schutz der Arbeitnehmer sollten schattenspendende Sonnensegel und Schirme aufgestellt werden. Bei der Errichtung von Sportstätten, speziell Beachvolleyballfeldern, besteht die Möglichkeit dies an Plätzen zu tun, an denen die Mittagssonne nicht direkt auf die Spieler fällt. Solche Maßnahmen werden zur Verhältnisprävention gezählt und sollten von Arbeitgebern, in Schulen und Kindertagesstätten umgesetzt werden (AWMF 2014). Arbeit im Freien sollte nicht in der Zeit von 11-15 Uhr bei direkter Sonneneinstrahlung stattfinden, dadurch kann eine Einsparung von bis zu 50 % der solaren UV-Tagesdosis erreicht werden (Bauer et al. 2015). Abgeleitet auf Beachvolleyball würde das heißen, dass Trainingseinheiten und Wettkämpfe in diesem Zeitraum nicht stattfinden sollten. Generell sollte dies für Sportveranstaltungen gelten, insbesondere auch an Schulen und in Kindertagesstätten (AWMF 2014). Die UV-Exponierten sollten regelmäßig über die Gefahren der Sonneneinstrahlung für die Haut unterrichtet werden, um dadurch ein Risikobewusstsein zu generieren (Bauer et al. 2015). Handlungsanweisungen und Beratungen der Exponierten zu deren individuellen Schutzverhalten zählt zur Verhaltensprävention.

2.4.2 Individuelle Maßnahmen

Den verschiedenen individuellen Schutzmaßnahmen kann eine gewisse Wertigkeit und damit ein Rangfolge zugeordnet werden (AWMF 2014). An erster Stelle steht die Vermeidung direkter Sonnenstrahlung auf die unbedeckte Haut. An zweiter Stelle steht der textile Sonnenschutz und an dritter Stelle folgen Lichtschutzpräparate mit UV-Filtern. An welchen Tagen besonders auf Sonnenschutz geachtet werden sollte, lässt sich anhand der UV-Prognose in Form des UV-Index abschätzen. Sonnenbrände sollte vermieden werden. Besonders im Urlaub und im Frühjahr gilt es die Haut langsam an die Sonne zu gewöhnen (AWMF 2014).

2.4.3 Meidung der Sonne

An sonnigen Tagen sollten Aktivitäten im Freien auf morgens oder abends verlegt werden, Mittagssonne ist zu meiden und Schatten sollte aufgesucht werden. Wobei die Haut auch im Schatten eine UV-Belastung erfährt. Eine Reduktion der UV-Exposition um gerade einmal 50 % wird in manchen Fachbüchern beschrieben (Traupe und Hamm 2005). In der Mittagszeit ist der Sonnenstand am höchsten, zu dieser Zeit steht die Sonne in einem Winkel von über 45 Grad am Horizont. Dies kann man prüfen, indem man den Schatten betrachtet den ein Objekt wirft, dieser ist dann kürzer als das Objekt selbst, dies wird als Schattenregel bezeichnet (AWMF 2014).

2.4.4 Textiler Schutz

Schutzkleidung sollte stark exponierte Körperstellen bedecken, sie sollte langärmelig und ohne weiten Ausschnitt sein. Zudem sollte ein ausreichender UV-Schutzfaktor (UPF) vorhanden sein (Bauer et al. 2015). Der UPF wird nur teilweise von den Herstellern angegeben. Der UPF sollte an stark exponierten Stellen, wie den Schultern, mindestens 50 betragen. Einfache T-Shirts haben einen UPF von 20 und Badebekleidung hat teilweise einen UPF von unter 20 und ist damit nicht geeignet (AWMF 2014). Bei nasser, eng anliegender Kleidung verringert sich der UPF (Plewig et al. 2018). Trägt man Kleidungsstücke übereinander multiplizieren sich deren UPF-Werte. Diese Empfehlungen divergieren mit der Realität im Beachvolleyball. Beachvolleyball geht als ursprüngliche Strand Sportart mit viel unbedeckter Haut einher und zudem wirkt Kleidung auch teilweise hinderlich auf die erforderliche Bewegungsfreiheit. Bis 2012 galten für internationale Beachvolleyballwettkämpfe Kleidungs Vorschriften, die einen textilen UV-Schutz behinderten. Bis dato waren nur kurze Shorts mit einer Bundbreite von maximal 7 cm erlaubt, sowie ärmellose Shirts. Seit der Regeländerung sind nun Shorts erlaubt die 3 cm über dem Knie enden, sowie Shirts mit Ärmeln (Volleyball.de 2012). Zum textilen Schutz werden auch Sonnenbrillen gezählt. Diese sollten vor allem getragen werden, wenn man sich auf reflektierenden Oberflächen wie Sand, Wasser und Schnee aufhält (Brix et al. 2012).

Beim Beachvolleyball sollten Brillen ab UV-Filter Kategorie 3 verwendet werden. Die Bezeichnung der Schutzstufen ist europaweit einheitlich normiert (Normalisation 2015). Gerade beim Schutz von Arbeitnehmern spielen spezielle Helme, Mützen und Hüte eine wichtige Rolle. Sie dienen dem Schutz der stark exponierten Hautareale im Kopf- und Halsbereich. Durch Hüte mit einer breiten Krempe kann die UV-Exposition für Gesicht, Stirn, Ohren, Hals und Nacken auf 5 % reduziert werden (Bauer et al. 2015). Im Beachvolleyball gibt es bis auf wenige Ausnahmen keine Spieler auf internationalem Niveau, die mit sogenannten Fischerhüten spielen. Eher verbreitet sind Base Caps, welche nur unzureichend Nacken und Ohren schützen (Backes et al. 2018).

2.4.5 Lichtschutzpräparate

Alle Areale der Haut, die nicht von Textilien bedeckt sind, sollten durch Lichtschutzpräparate mit ausreichendem Lichtschutzfaktor (LSF) geschützt werden. Besonderes Augenmerk sollte hier auf den sogenannten Sonnenterassen liegen. Zudem sollte darauf geachtet werden, dass das verwendete Mittel ein breites Spektrum an UV-Strahlung filtert (Moyal und Fournier 2008). Bei der Auswahl des LSF spielen vor allem der Hauttyp und die aktuelle Gewöhnung an die Sonne eine Rolle. Zudem sind die geografische Lage des Aufenthaltsortes und die aktuelle Wetterlage wichtig. Als weiteres Entscheidungskriterium bei der Wahl des LSF kann der UV-Index herangezogen werden. Die Zahl des angegebenen LSF-Wertes wird mit der Eigenschutzzeit des jeweiligen Hauttyps multipliziert, daraus resultiert die Zeit, in der man vor Sonnenbrand geschützt ist. Die Bestimmung des LSF eines Produktes erfolgt in Europa nach dem International Sun Protection Factor Test (SPF-Test) (COLIPA. European Cosmetic et al. 2006). Zur Testung des Produktes wird dieses auf der Haut appliziert, anschließend vergleicht man die Erhöhung der MED von der geschützten Haut gegenüber der ungeschützten Haut. Der Quotient aus beiden Werten ergibt den LSF (Plewig et al. 2018). Da die MED hauptsächlich durch die Wirkung von UVB bestimmt wird, spiegelt der LSF nicht den Schutz vor UVA wider. Zur Bestimmung des UVA-Filters wird die persistent pigment darkening method (PPD-Methode) angewandt. Das Prinzip ähnelt dem SPF-Test, man nutzt

jedoch anstatt der MED, den direkten Pigmentierungseffekt von UVA als Wirkindikator.

Die Kennzeichnung von UVA-Filtern in dermalen Sonnenschutzprodukten ist aktuell nicht einheitlich geregelt. Die EU arbeitet an diesem Thema, um den Verbraucherschutz zu verbessern (Daniels 2007). Auf Empfehlung 2006/647/EG der EU-Kommission sollen sich die Schutzniveaus: niedrig, mittel, hoch, sehr hoch, anstelle konkreter Zahlen für den LSF durchsetzen. Der LSF kann die Schutzwirkung eines Produktes in der Realität nur begrenzt widerspiegeln, der Grund ist häufig die fehlerhafte Anwendung der Nutzer. So fühlen diese sich teils besser geschützt als sie es sind, verlängerte Aufenthalte in der Sonne können die Folge sein (Autier et al. 2000). Häufig werden nur sehr geringe Mengen des Lichtschutzpräparates angewendet, demgegenüber steht die Empfehlung von 2 mg/cm² für einen ausreichenden Schutz (AWMF 2014). Ein Erwachsener müsste ca. 40 ml verwenden, um den gesamten Körper zu schützen. Da in der Realität jedoch sehr viel geringere Mengen aufgetragen werden, wird häufig nur eine Schutzwirkung von 1/3 bis 1/5 des angegebenen LSF erreicht (Bimczok et al. 2007). In mehreren Studien wurde gezeigt, dass eine schlechte Compliance unter Outdoor-Arbeitern, bei der Anwendung von Lichtschutzpräparaten herrscht, diese werden zu selten und nur in unzureichender Mengen verwendet (Bauer et al. 2015). Unterweisung des Personals führt zu einem signifikant verbessertem Anwendungsverhalten der Mitarbeiter (Reinau et al. 2013). Die Galenik des Produkts muss dem jeweiligen Anwendungsbereich angepasst werden, um das Lichtschutzpräparat praktikabel zu machen. Dabei geht es vor allem um Wasser- und Schweißfestigkeit. So ist es beim Beachvolleyball wichtig, dass das Lichtschutzpräparat keinen schmierigen Film auf den Händen hinterlässt und nicht in die Augen läuft, sobald man schwitzt. Bei Outdoor-Arbeitern konnte nachgewiesen werden, dass die richtige Textur und Rezeptur eines Lichtschutzpräparates die Compliance steigern kann (Weber et al. 2007).

3 Zielsetzung der Arbeit

Diese Studie zur UV-Exposition von Beachvolleyballern soll

- die Belastung einzelner Körperareale mit Erythem-effektiver UV-Strahlung während eines zweistündigen Beachvolleyball-Trainings quantifizieren und
- das Expositions- und Präventionsverhalten von Beachvolleyballern ermitteln.

In der Vergangenheit wurden bereits Studien zur Erfassung der solaren UV-Belastung von Outdoor-Sportlern durchgeführt (Moehrle 2008, Moehrle 2001, Moehrle et al. 2000), dennoch ist die solare UV-Belastung bei bestimmten Sportarten bis dato dosimetrisch nicht quantifiziert worden. Um die solare UV-Strahlungsbelastung von Beachvolleyballern zu erfassen, soll 2016 ein UV-Monitoring während eines zweistündigen Trainings durchgeführt werden. Dabei sollen verschiedene Körperareale gleichzeitig dosimetriert werden und zeitgleich die Erythem-wirksame Globalstrahlung gemessen werden. Dadurch sollte es möglich sein, stark exponierte Körperstellen zu identifizieren und Empfehlungen für Schutzmaßnahmen abzuleiten. Außerdem sollen durch eine deskriptive Auswertung von standardisierten Fragebögen das UV-Expositionsverhalten und Präventionsverhalten der Spieler untersucht werden.

4 Material und Methoden

Der Material- und Methodenteil der vorliegenden Dissertation bezieht sich auf zwei Teilaspekte der Arbeit. Zum einen auf die personenbezogene UV-Messung von 60 Probanden während einer zweistündigen Trainingseinheit. Zum anderen auf die Befragung der 60 Studienteilnehmer zum Thema UV-Exposition und Hautschutz, mittels Fragebogen. In diesem Teil der Arbeit werden Informationen zum Studienablauf, zu Ein- und Ausschlusskriterien der Probanden und zu den verwendeten Materialien gegeben.

4.1 Probanden

Insgesamt nahmen 60 Beachvolleyballer teil. Die Probanden wurden hauptsächlich über Jenaer Volleyballvereine (VSV Jena, VC 08 Jena, USV Vimodrom© Volleys) akquiriert, sowie über Teilnehmer der Beachvolleyballkurse der Universität und Fachhochschule Jena. Einschlusskriterien waren die Fähigkeit, die Aufklärung und den Fragebogen zu unterschreiben und den Anordnungen während des Versuchs Folge leisten zu können. Die Spieler sollten regelmäßig in Trainingsgruppen spielen, mindestens eine Trainingseinheit pro Woche und mindestens eine Teilnahme an einem Turnier der vorherigen Saison vorweisen. Dabei spielte die Turnierklasse und damit die Professionalität der Spieler keine Rolle.

4.2 Material

4.2.1 Datenlogger X2012-10 Gigahertz-Optik©

Die Datenlogger X2012-10 der Firma Gigahertz-Optik© wurden von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) zur Verfügung gestellt. Diese UV-Dosimeter sind speziell für das GENESIS-UV Projekt der DGUV entwickelt worden und fanden bisher auch nur in dieser Anwendung. Das Projekt dient der Quantifizierung der UV-Exposition von Outdoor-Arbeitern in Europa. Die Dosimeter messen mithilfe von zwei Photodioden UVA, UVB und UVC getrennt, als eine

Funktion über der Zeit. Die gemessenen Werte werden in der Einheit J/m^2 aufgezeichnet. Die Daten werden in einem Zyklus von einer Sekunde protokolliert (Wittlich et al. 2016). Mithilfe von Filterpaketen erfolgt die Auswertung Erythem-effektiv, gemäß des Standarderythem-Spektrums nach CIE 1998. Dabei integriert der Datenlogger den UV-Effekt über das gesamte Spektrum von UVA und UVB (280-400 nm) mit einer Korrelation zum Empfindlichkeitsspektrum der Haut entsprechend der CIE-Kurve (McKinlay 1987). Zusätzlich werden Daten über die Bewegungen der Probanden durch einen integrierten Beschleunigungssensor und Kompass aufgezeichnet.

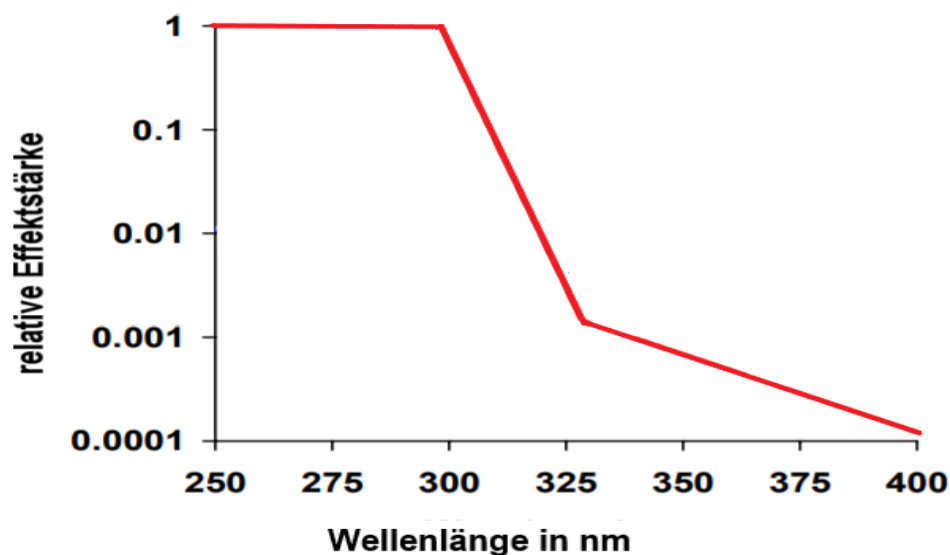


Abb. 1: Empfindlichkeitsspektrum der Haut nach CIE (McKinlay 1987)

Die Temperatur wird ebenfalls erfasst, um die UV-Werte temperaturkompensiert wiederzugeben. Die Kalibrierung der Detektoren erfolgt im Gigahertz-Optik Kalibrierlabor für optische Strahlungsmessgeräte, dieses ist zertifiziert und durch den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) akkreditiert. Ein Dosimeter ist 90 mm x 45 mm x 20 mm groß und 124 g schwer. Die Datenlogger wurden vom Genesis-UV Team programmiert, sodass diese während der Trainingseinheiten messbereit waren. Die gemessenen Daten wurden mittels eines Tablet-Computers auf einen Zentralserver der DGUV geladen

und im Anschluss an die Messungen durch das Genesis-UV Team zur Verfügung gestellt.



Abb. 2: Datenlogger X2012-10 Gigahertz-Optik© (links) und Genesis-UV-Einheit der DGUV

4.2.2 Fragebogen

Ein modifizierter Fragebogen der Klinik für Hautkrankheiten des Universitätsklinikums Jena wurde verwendet. Dieser wurde durch Herrn Dr. D. Antonov und Herrn Prof. P. Elsner zur Verfügung gestellt und hinsichtlich spezieller Fragestellungen an das Studienkollektiv angepasst. Der Fragebogen diente zum Informationsgewinn hinsichtlich soziodemographischer Daten (Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht, Händigkeit, Ausbildung, Haar- und Augenfarbe). Er beinhaltete ebenfalls eine dermatologische Anamnese (Vorerkrankungen, Pflege, Allergien, Familienanamnese, Screenings) und Fragen zur individuellen Sonnenexposition und zum Schutz- und Risikobewusstsein der Spieler. Zudem mussten die Spieler spezifische Angaben zum Beachvolleyballsport machen (Trainingsstunden, Trainingszeiten, Turnieranzahl, Saisondauer). Die gesammelten Informationen dienten in erster Linie der Beschreibung des Probandenkollektivs und sollten zusätzlich einen Einblick in die Gefährdungslage der Spieler, zum Thema sonnenbedingte Hautschäden geben. Jeder Fragebogen wurde nach dem Ausfüllen pseudonymisiert.

4.3 Ablauf und Durchführung der personenbezogenen UV-Dosimetrie

Das Studienprotokoll wurde im Vorfeld der Ethikkommission des Universitätsklinikums Jena vorgelegt und positiv beschieden. Vor Beginn der eigentlichen Messungen wurde im April 2016 bereits ein Pilotversuch durchgeführt, um zu prüfen, ob ein reibungsfreier Versuchsablauf möglich ist. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf der uneingeschränkten Bewegungsfreiheit der Spieler und der Minimierung des Verletzungspotenzials durch die Dosimeter. Die unverblindete, offene, nicht randomisierte Feldstudie wurde auf dem Westsportplatz Jena (Erfurter Str. 13, 07743 Jena) durchgeführt. Der Messzeitraum erstreckte sich vom 03. Mai bis 17. August 2016. In diesem Zeitraum wurden an 15 Tagen Messungen durchgeführt. Vor der zweistündigen Beachvolleyball-Einheit wurde von jedem Spieler eine Einverständniserklärung eingeholt und ein Fragebogen ausgefüllt. Zu jeder Messung nahmen vier Spieler teil, welche in Zweiertteams gegeneinander spielten. Pro Termin erfolgte eine zweistündige Messung jeweils von 12-14 Uhr. Nach 60 min erfolgte ein Seitenwechsel und Trinkpausen konnten nach Bedarf am Rand der eigenen Feldhälfte gemacht werden. Die personenbezogenen Messungen erfolgten an fünf Körperstellen. Dafür wurden Dosimeter an Stirn, Nacken, Dekolleté, Oberarm und Wade angebracht. UV-Messgeräte vom Typ X2012-10© der Firma Gigahertz-Optik wurden für die Messungen verwendet.

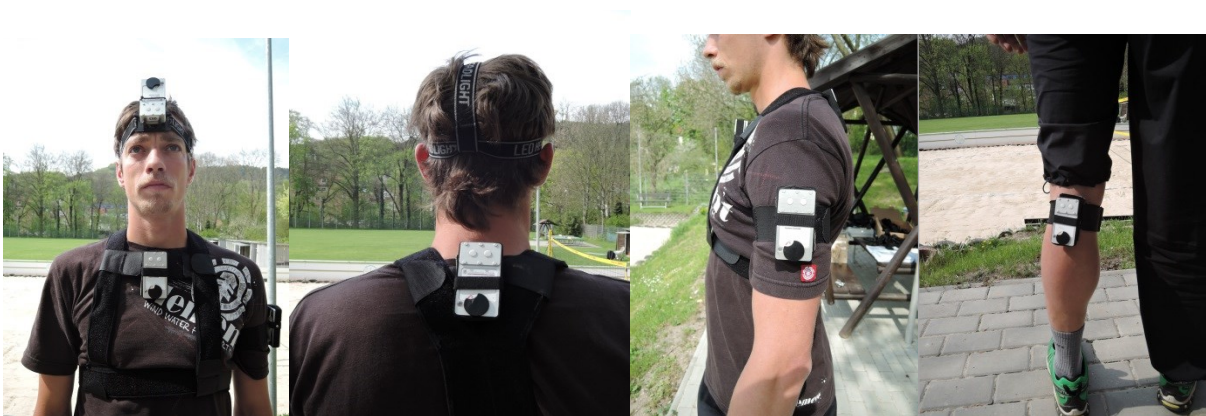


Abb. 3: Datenlogger an Stirn, Nacken, Dekolleté, Oberarm und Wade

Die Position der Messgeräte wurde so gewählt, dass möglichst viele verschiedene Körperpositionen erfasst wurden und dennoch eine Ausführung der Sportart ungehindert möglich war. So wurde beispielsweise das Dosimeter am Oberarm am Nicht-Schlagarm der Spieler angebracht. Durch eine sichere Befestigung der Dosimeter mittels Klettgurten und die geringe Größe der Dosimeter, wurden die Bewegungen der Spieler kaum eingeschränkt.



Abb. 4: dynamische Spielaktion während der Messung

Zusätzlich wurde auf einer schattenfreien Position neben dem Trainingsplatz ein Dosimeter auf einem Stativ installiert. Somit konnte die Erythem-wirksame Globalstrahlung gemessen werden. Zudem konnte man auf diese Weise eine statische Bezugsgröße zu den Messwerten der Körperpositionen erhalten.



Abb. 5: Dosimeter auf Stativ mit horizontal ausgerichteten Messdioden

Das gesamte technische Equipment wurde durch das Team um Dr. Marc Wittlich bereitgestellt. Er ist der Leiter des Forschungsprojekts GENESIS-UV am Institut für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV. Das technische Equipment bestand aus insgesamt 26 Datenloggern, zwei Tabletcomputern und Klettgurten. Pro Messtag wurden 20 Dosimeter für die Spieler benötigt und eines für die horizontale Bezugsmessung. Weitere 5 Datenlogger wurden als Ersatz zur Verfügung gestellt, falls es Ausfälle am Tag der Aufzeichnung gäbe. Die Messgeräte wurden so programmiert, dass sie automatisch 12-14 Uhr aufzeichneten. Gemessen wurde die Erythem-effektive UV-Strahlung mit der Maßeinheit J/m^2 . Nach Anschluss der Datenlogger an die Tabletcomputer erfolgte eine automatische Übertragung der Messwerte auf einen Zentralserver. Dieses System findet im Rahmen des GENESIS-UV Projekts Anwendung und ist daher gut erprobt. Während der Trainingseinheiten wurde die Schattentemperatur von 13 Uhr aufgezeichnet und die allgemeine Wetterlage (sonnig, teilweise bewölkt, größtenteils bewölkt) erfasst. Zudem wurden die UV-Index-Prognosen, des DWD für diese Messtage erfasst. Aufgrund einer Zusammenarbeit mit Frau Dr. G. Laschewski, Schriffführerin des Zentrums für meteorologische Forschung beim DWD, konnten UVI-Werte bis auf ein Zehntel genau erfasst werden. Üblicherweise wird die UVI-Prognose in ganzzahligen Werten veröffentlicht.

4.4 Software und Statistische Methoden

Nach erfolgter Datenaufnahme der Studienteilnehmer, wurden die gesammelten Informationen der Fragebögen, gemeinsam mit den Messwerten der Dosimeter, in SPSS 24 (IBM Corp.) eingetragen und später statistisch ausgewertet.

Die statistische Auswertung enthält eine Deskription der Studienergebnisse, bei der Mediane und Mittelwerte, sowie absolute und relative Häufigkeiten angegeben wurden. Als Streuungsmaße wurden die Standardabweichung und die interquartile Range (IQR) angegeben. Für alle statistischen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ festgelegt. Zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen der gemessenen UV-Bestrahlungsdosis und anderen Faktoren wurden Korrelationsanalysen nach Spearman angewendet. Zur Quantifizierung des Zusammenhangs der UV-Bestrahlungsdosis und der Temperatur wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

Erstellt wurde die Dissertationsschrift mit Microsoft Office Word 2016 (Microsoft Corp.). Quellenangaben und Literaturverwaltung wurde mit Endnote X7.8 (Thomson

Reuters Corp.) realisiert, zitiert wurde im Jenaer Zitierstil *jenamed*. Die Literaturrecherche erfolgte u.a. über Pubmed (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed).

5 Ergebnisse

Analog zum Material- und Methodenteil werden die Ergebnisse der beiden Teilaspekte dieser Arbeit nacheinander dargestellt. Im Abschnitt 5.1 werden die Ergebnisse der personenbezogenen UV-Dosimetrie während eines Beachvolleyballtrainings präsentiert und im Abschnitt 5.2 das Studienkollektiv beschrieben und Ergebnisse der Befragung der Probanden zum Thema UV-Exposition, Sonnenschutzverhalten und Sportverhalten dargestellt.

5.1 Ergebnisse UV-Dosimetrie

Im Verlauf der Studie wurden insgesamt 315 Messwerte erfasst, die die Erythem-effektive Bestrahlungsdosis während eines zweistündigen Trainings wiedergeben. Aufgrund technischer Probleme beim Übertragen der Daten fehlen 28 der 315 Messwerte, diese können nicht die Auswertung einfließen.

5.1.1 Übersicht Erythemale UV-Bestrahlungsdosen

In Tab. 4 sind die UV-Messwerte der einzelnen Körperstellen und die des horizontal platzierten Datenloggers abgebildet. Die höchsten Bestrahlungswerte wurden mit dem horizontal ausgerichteten Dosimeter gemessen, die gemessenen Werte entsprechen der Erythem-wirksamen Globalstrahlung. Im Median betragen die Werte 699,0 J/m². Am Nacken wurden im Median die höchsten Expositionswerte am Probanden gemessen, der Median lag bei 262,5 J/m². Ähnlich hohe Bestrahlungswerte erzielte die Stirn. Deutlich geringeren Expositionswerten waren Oberarm und Wade ausgesetzt. Der Median lag am Oberarm bei 168,5 J/m², an der Wade bei 153,0 J/m². An den Dekolletés der Probanden wurden mit Abstand die niedrigsten Bestrahlungswerte gemessen, im Median betragen die Werte 80,0 J/m².

Mess- position	Mittelwert [J/m ²] (± SD)	Median [J/m ²] (IQR)	Mini- mum [J/m ²]	Maxi- mum [J/m ²]	Spann- weite [J/m ²]	Anzahl Mess- werte [n]	MED/2h (Hauttyp III)
Stativ	654,9 (± 260,7)	699,0 (433)	316	1227	911	60	2,00
Stirn	268,8 (± 123,5)	257,5 (165)	97	664	567	56	0,74
Nacken	255,6 (± 108,2)	262,5 (193)	58	570	512	56	0,75
Dekolleté	81,1 (± 33,2)	80,0 (44)	21	203	182	52	0,29
Oberarm	164,8 (± 62,0)	168,5 (102)	62	289	227	56	0,48
Wade	167,3 (± 81,5)	153,0 (121)	37	346	309	52	0,44

Tab. 4: Gesamtübersicht über die erythemalen UV-Bestrahlungsdosen

In Abb. 6 werden die Expositionswerte der einzelnen Körperstellen und die Messwerte des horizontal messenden Dosimeters in Boxplots nebeneinander dargestellt.

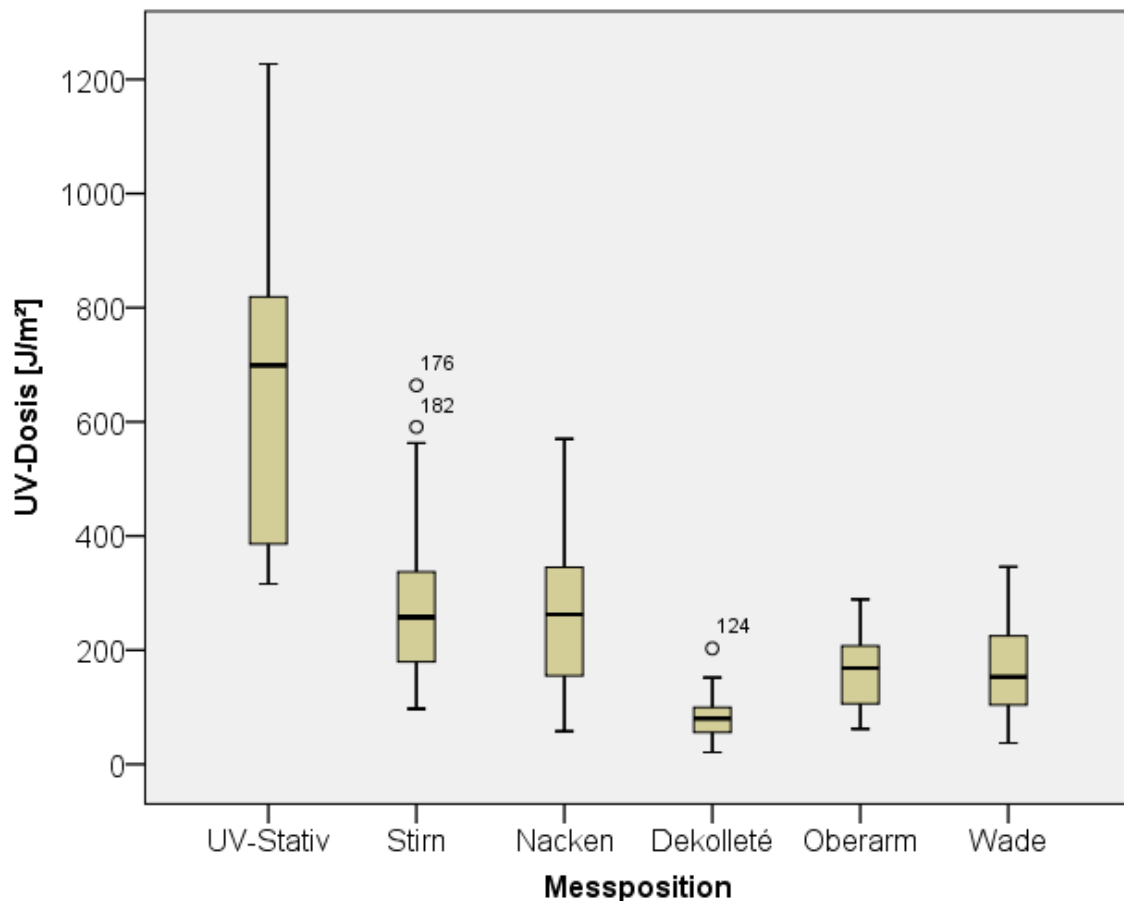


Abb. 6: Boxplots der erythemalen UV-Bestrahlungsdosen

5.1.2 Messung der Erythem-wirksamen Globalstrahlung

Die horizontal gemessenen Bestrahlungsdosen zeigten eine große Varianz. Von 316 J/m², gemessen am 16.05.2016, bis hin zu 1227 J/m², gemessen am 24.06.2016. Die ermittelten Werte korrelierten mit den UV-Index-Werten des DWD, der am Trainingstag gemessenen Temperatur, der eigens aufgezeichneten Wetterlage während der Datenaufnahme und der Jahreszeit. Zudem bestand eine hoch

signifikante Korrelation zwischen den horizontal gemessenen UV-Werten und den Bestrahlungsdosen der einzelnen Körperstellen.

5.1.3 Korrelation UV-Stativ und UV-Index und UV-Index Gruppen

In Tab. 5 sind die ermittelten UV-Werte des Stativs sowie die vom DWD prognostizierten UV-Index-Werte angegeben. Es konnte ein signifikanter stark positiver Zusammenhang zwischen den beiden Werten in der Korrelationsanalyse nach Spearman gezeigt werden ($p=0,001$). Der Korrelationskoeffizient betrug 0,755. An zwei Aufnahmetagen, dem 14.06.2016 und dem 04.08.2016, kam es zu auffälligen Abweichungen zwischen dem UVI und den gemessenen Bestrahlungsdosen.

Tab. 5: UVI-Werte und Erythem-wirksame Globalstrahlung am jeweiligen Messtag

Aufnahmedatum	UVI (DWD)	UV-Stativ [J/m ²]
03.05.2016	3,9	515
06.05.2016	6,6	747
13.05.2016	5,2	565
16.05.2016	4,4	316
31.05.2016	6,7	761
10.06.2016	7,2	967
14.06.2016	2,9	699
24.06.2016	9,2	1227
22.07.2016	6,2	921
04.08.2016	5,5	318
05.08.2016	5,2	386
09.08.2016	5,1	533
10.08.2016	4,8	323
16.08.2016	6,4	726
17.08.2016	6,2	819

Die gemessene Erythem-wirksame Globalstrahlung und die UVI Gruppen des DWD zeigten in der Analyse nach Spearman ebenfalls eine signifikante Korrelation ($p=0,002$). Es zeigte sich ein starker positiver Zusammenhang, der Korrelationskoeffizient betrug 0,727. In Abb. 7 wird diese Abhängigkeit dargestellt.

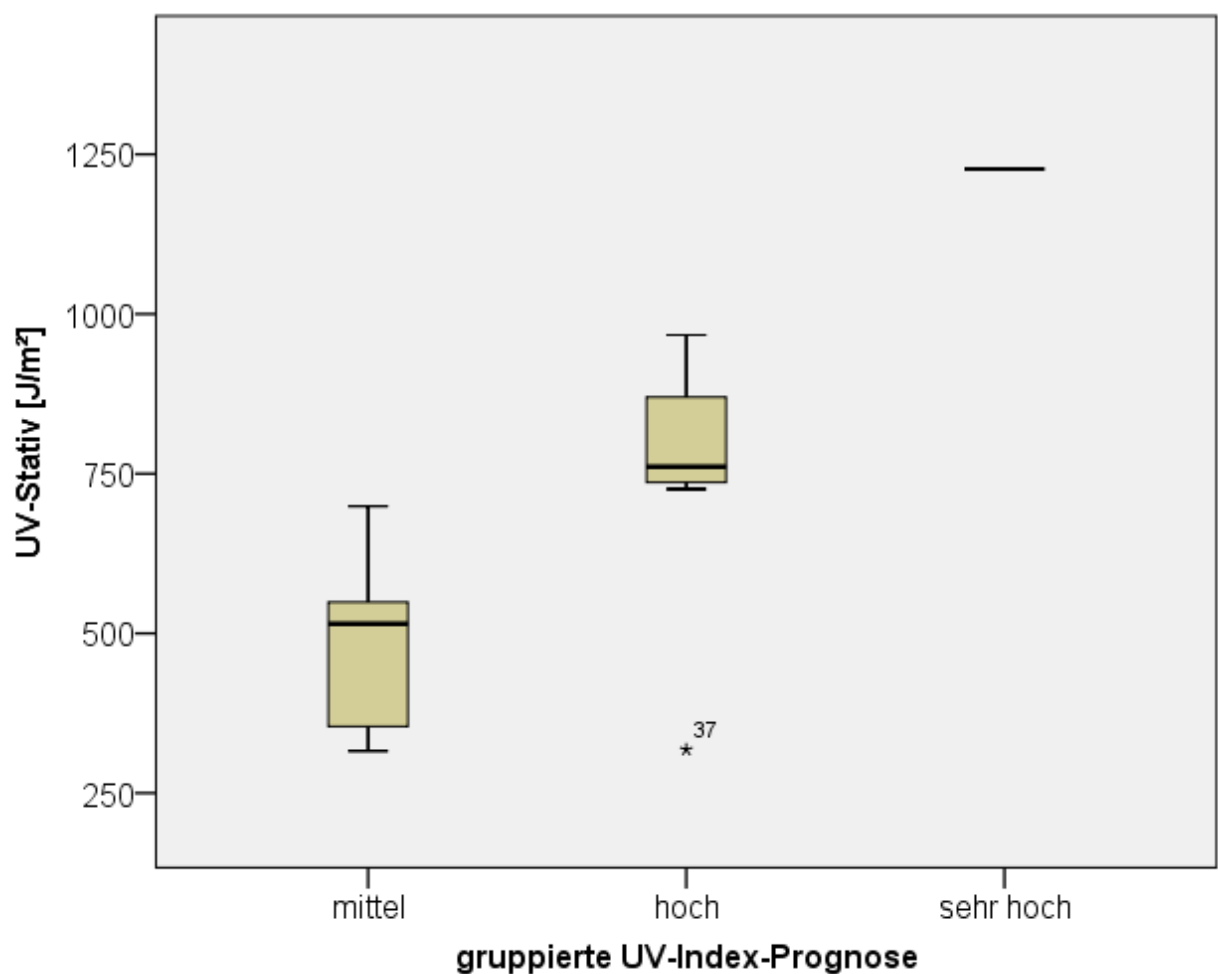


Abb. 7: Boxplots erythemale UV-Bestrahlungsdosen Stativ und gruppierte UV-Index-Prognose (mittel $\hat{=}$ 3,4,5; hoch $\hat{=}$ 6,7; sehr hoch $\hat{=}$ 8,9,10)

5.1.4 Korrelation UV-Stativ und Temperatur

Während jeder Trainingszeit wurde nach einer Stunde, also 13 Uhr MESZ, die Schattentemperatur erfasst. Die gemessenen Werte korrelierten signifikant mit den UV-Stativ Bestrahlungsdosen ($p < 0,001$). Der Korrelationskoeffizient nach Spearman betrug 0,786. Dies entspricht einem starken positiven Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Zur Quantifizierung der Korrelation erfolgte eine lineare Regressionsanalyse. Dabei konnte pro Anstieg der Temperatur um 1 °C eine Zunahme der Erythem-wirksamen Globalstrahlung um 43,67 J/m² verzeichnet werden ($p < 0,001$). Im Streudiagramm in Abb. 8 ist ein positiv linearer Zusammenhang zu erkennen.

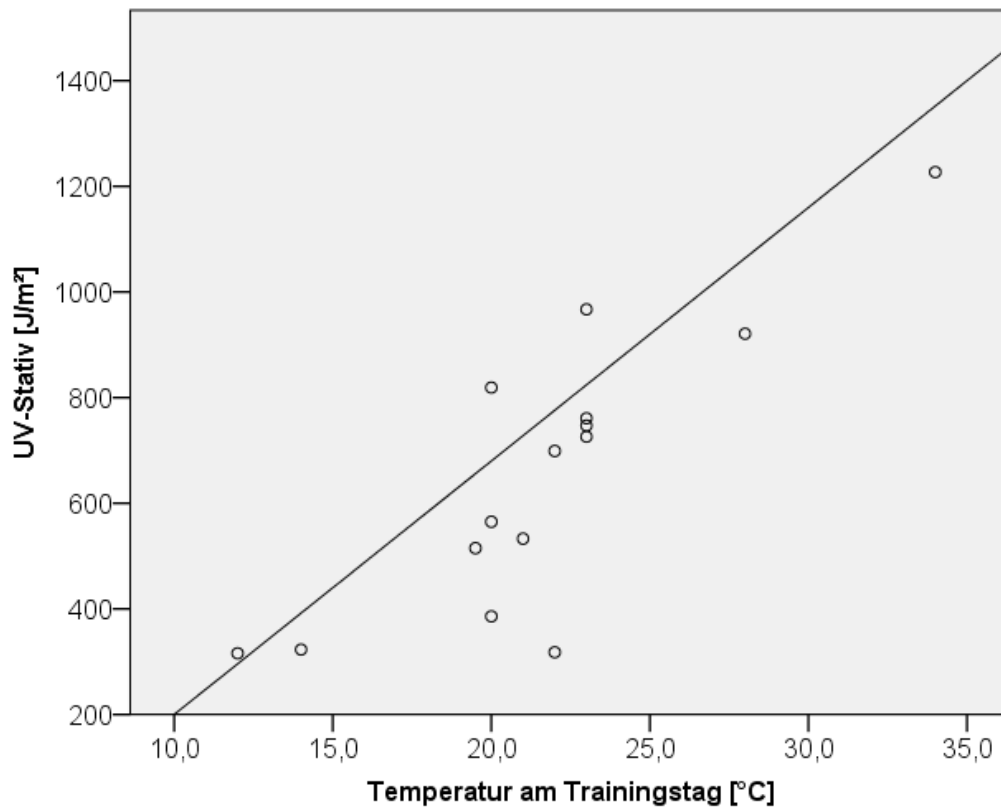


Abb. 8: Streudiagramm erythemale UV-Bestrahlungsdosen Stativ und Temperatur

Am Messtag mit der höchsten Bestrahlungsdosis von 1227 J/m^2 , wurde eine Temperatur von $34,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ermittelt. Am Trainingstag mit der niedrigsten Bestrahlungsdosis von 316 J/m^2 , wurde mit $12,0 \text{ }^\circ\text{C}$ der niedrigste Temperaturwert erfasst.

5.1.5 Korrelation UV-Strahlung und Wetterlage

Während der Trainingszeit wurde die aktuelle Wetterlage in den Kategorien sonnig, teilweise bewölkt und überwiegend bewölkt erfasst. Bei sehr wechselhaftem Wetter wurde die Wetterlage erfasst, welche die meiste Zeit vorherrschte.

In der Korrelationsanalyse nach Spearman zeigte sich ein starker positiver Zusammenhang zwischen der gemessenen Erythem-wirksamen Globalstrahlung und der Wetterlage. Der Korrelationskoeffizient betrug $0,741$ ($p= 0,002$). Der Zusammenhang zwischen den beiden Variablen ist in Abb. 9 dargestellt.

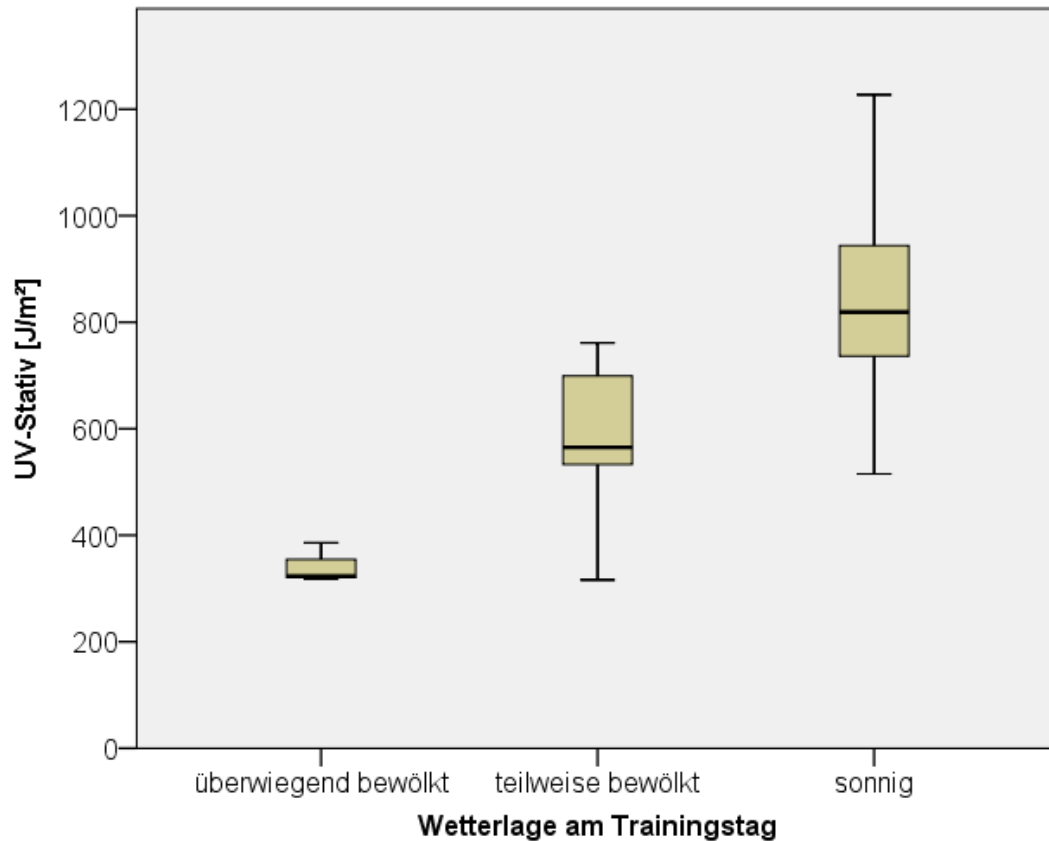


Abb. 9: Boxplots erythmale UV-Bestrahlungsdosen Stativ und Wetterlage

5.1.6 FTH (Faktor tatsächliche Bestrahlung zu horizontaler Bestrahlung)

Eine gute Korrelation von der gemessenen Erythem-wirksamen Globalstrahlung und den gemessenen UV-Bestrahlungsdosen der einzelnen Körperpartien ist eine Voraussetzung für die Berechnung des FTH (Weber 2007). In Abb. 10 ist beispielhaft die Korrelation von Stirn- und Oberarmposition zum horizontal positionierten Messgerät in einem Liniendiagramm dargestellt.

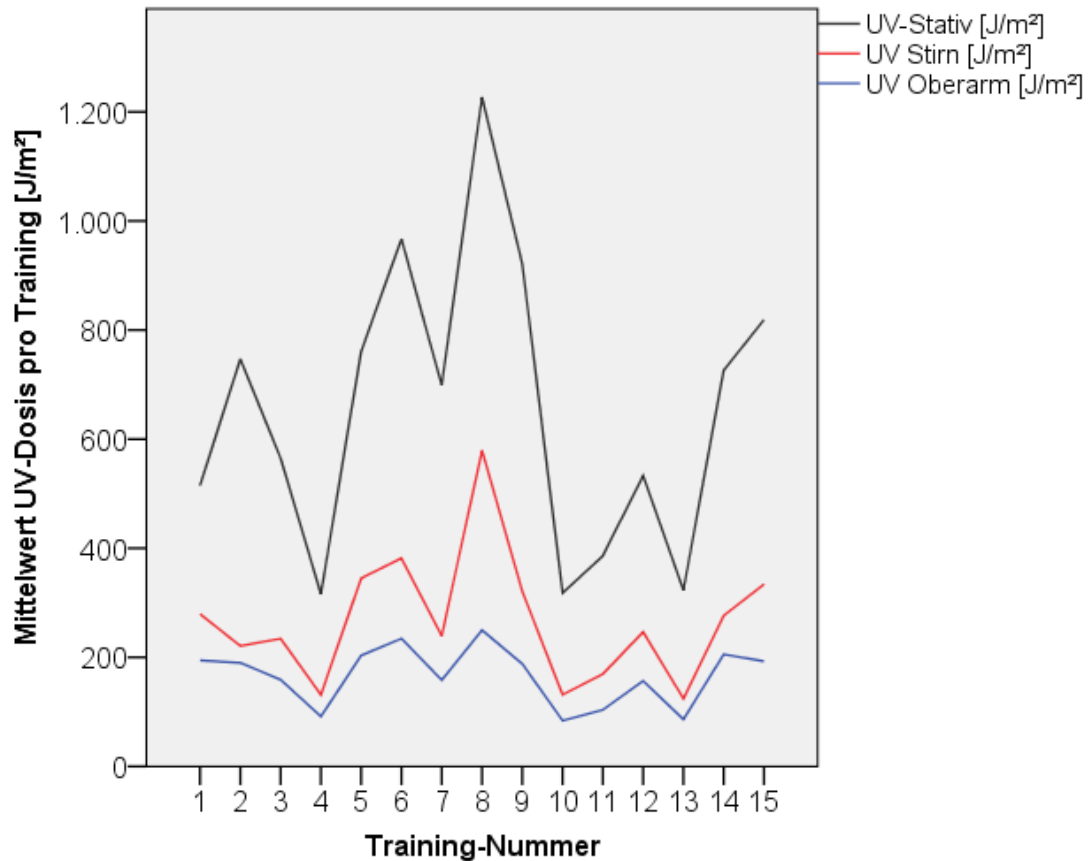


Abb. 10: Liniendiagramm Mittelwerte erythemale UV-Bestrahlungsdosen Stativ, Stirn, Oberarm

In Tab. 6 sind die FTH der Erythem-wirksamen UV-Bestrahlungsdosen der einzelnen Körperpositionen aufgelistet. Dabei zeigte sich, dass Stirn und Nacken ca. 40 % der Erythem-wirksamen Globalstrahlung abbekamen. Wade und Oberarm erhielten ca. ein Viertel der UV-Strahlung, des vom horizontal messenden Datenloggers. Am geringsten war das Verhältnis von Dekolleté zur horizontal gemessenen Erythem-wirksamen Bestrahlungsdosis.

Tab. 6: FTH der einzelnen Körperpositionen

Körperteil	FTH	Standardabweichung
Stirn	0,41	±0,08
Nacken	0,40	±0,11
Dekolleté	0,13	±0,04

Oberarm	0,26	±0,06
Wade	0,25	±0,08

5.1.7 Körperstellenfaktor

In Tab. 7 sind die errechneten Körperstellenfaktoren aufgelistet. Da sich diese in der bisherigen Literatur auf Brust oder Oberarm beziehen, ergeben sich zwei Werte. Daher wird für den jeweiligen Faktor einmal die Brustposition, hier als Dekolleté bezeichnet, und einmal die Oberarmposition als Referenzwert 1,0 gesetzt.

Tab. 7: Körperstellenfaktor bezogen auf Dekolleté und Oberarm

Körperstellen	Körperstellenfaktor (Referenz Dekolleté) ±Standardabweichung		Körperstellenfaktor (Referenz Oberarm) ±Standardabweichung	
	Stirn	3,45	±1,31	1,65	±0,45
Nacken	3,31	±1,24	1,61	±0,57
Dekolleté	1,00		0,52	±0,16
Oberarm	1,92	±0,71	1,00	
Wade	1,96	±0,79	1,02	±0,39

5.2 Studienkollektiv

5.2.1 Allgemeine Daten

In die Studie wurden 60 Beachvolleyballer eingeschlossen, 20 (33,3 %) Frauen und 40 (66,7 %) Männer. Der Altersdurchschnitt lag bei 26,0 ± 4,4 Jahren. 52 (86,7 %)

Probanden waren zwischen 20 und 30 Jahre alt und 8 (13,3 %) waren älter als 30 Jahre. Die Personen der untersuchten Kohorte waren $182,1 \pm 9,7$ cm groß und wogen $77,1 \pm 13,0$ kg. Der Body-Mass-Index (BMI) der Probanden lag bei $23,1 \pm 2,4$ kg/m². Die Hauttypen der Probanden wurden durch gezielte Fragen zur Haar-, Augenfarbe, Neigung zu Sommersprossen und Reagibilität der Haut auf Sonnenstrahlung ermittelt. Dabei ergab sich, dass 49 (81,7 %) Hauttyp III nach Fitzpatrick aufwiesen. 10 (16,7 %) der Teilnehmer hatten Hauttyp II, Hauttyp IV hatte 1 (1,6 %) Teilnehmer und die Hauttypen I und V waren nicht vertreten. 56 (93,3 %) der Probanden waren im Besitz eines Hochschulabschlusses oder studierten während der Datenaufnahme. Die epidemiologischen Parameter, die in der Studie erfasst worden, sind in Tabelle 8 und 9 dargestellt.

Tab. 8: Allgemeine Daten des Studienkollektivs Teil 1

	Mittelwert \pm SD	Median (IQR)
Alter [J]	$26,0 \pm 4,4$	25,0 (5)
Größe [cm]	$182,1 \pm 9,7$	182,5 (13)
Gewicht [kg]	$77,1 \pm 13,0$	80,0 (19)
BMI [kg/m ²]	$23,1 \pm 2,4$	23,3 (3)

Tab. 9: Allgemeine Daten des Studienkollektivs Teil 2

	absolute [n] und (relative [%]) Häufigkeit
<u>Geschlecht</u>	
weiblich	20 (33,3)
männlich	40 (66,7)
<u>Händigkeit</u>	
rechts	55 (91,7)
links	5 (8,3)

<u>Hauttyp nach Fitzpatrick</u>	
I	0 (0)
II	10 (16,7)
III	49 (81,7)
IV	1 (1,7)
<u>Bildungsniveau</u>	
Studium	56 (93,3)
Lehrausbildung	4 (6,7)

5.2.2 Sportverhalten

Die 60 Teilnehmer wurden zu ihrer sportlichen Aktivität befragt. Dabei spielten die wöchentlichen Trainingsstunden, die bevorzugte Tageszeit fürs Training, die Anzahl der pro Saison gespielten Turniere, die Saisondauer in Monaten und die Anzahl der Jahre, in denen sie aktiv Beachvolleyball spielen, eine Rolle. Die wöchentlichen Trainingsstunden bezogen sich auf jede Art von Sport, welchen die Spieler im Freien ausüben. Die Zeit, die die Spieler auf Turnieren verbringen, wurde in den Trainingsstunden nicht erfasst. Der Grund dafür ist die sehr variable Länge von Turniertagen. Die Befragung ergab, dass 39 (65,0 %) der Spieler wöchentlich fünf bis zehn Stunden unter freiem Himmel trainieren. 13 (21,7 %) Spieler gaben an, drei bis fünf Stunden im Freien zu trainieren. 4 (6,7 %) der Teilnehmer gaben an über zehn Stunden im Freien Sport zu treiben. Die Spieler wurden zudem befragt, zu welcher Tageszeit sie bevorzugt trainieren. Bei dieser Frage war eine Mehrfachauswahl möglich. Der überwiegende Teil der Befragten gab an, nachmittags und abends zu trainieren. Lediglich 4 (6,7 %) der Spieler gaben an, zur Mittagszeit bevorzugt zu trainieren. Die Anzahl der Turnierteilnahmen pro Saison ergab sich aus den 2016 bereits gespielten Turnieren und aus denen, die bis zum Saisonende geplant waren. 22 (36,7 %) der Teilnehmer gaben an, drei bis fünf Turniere 2016 zu spielen. 19 (31,7 %) der Probanden spielen fünf bis zehn Turniere in der laufenden Saison 2016. Ein bis zwei Turniere spielen 16 (26,7 %) der Befragten und lediglich 3 (5,0 %) gaben an mehr als 10 Turnieren zu spielen. Zur Frage, wie viele Jahre die Spieler bereits aktiv Beachvolleyball spielen, reichten die Antworten von 0 Jahren, d.h. diese Spieler

spielen ihre erste Saison aktiv, bis hin zu 20 Jahren, von langjährig aktiven Spielern. Im Median waren die Spieler 7 Jahre aktiv im Beachvolleyballsport. Die durchschnittliche Saisondauer betrug im Median 5 Monate. Dabei wurden die Monate April bis September als bevorzugte Trainingsmonate angegeben.

Tab. 10: Sportverhalten des Studienkollektivs Teil 1

	absolute [n] und (relative [%]) Häufigkeit
<u>Training pro Woche im Freien [h]</u>	
1-2	4 (6,7)
3-5	13 (21,7)
5-10	39 (65,0)
>10	4 (6,7)
<u>bevorzugte Trainingszeit</u> (Mehrfachauswahl möglich)	
morgens	12 (20,0)
mittags	4 (6,7)
nachmittags	39 (65,0)
abends	28 (46,7)
<u>Turniere pro Saison [n]</u>	
1-2	16 (26,7)
3-5	22 (36,7)
5-10	19 (31,7)
10-15	2 (3,3)
>15	1 (1,7)

Tab. 11: Sportverhalten des Studienkollektivs Teil 2

	Mittelwert \pm SD	Median (IQR)
aktiv Beachvolleyball [Jahre]	7,8 \pm 5,4	7,0 (8)
Saisondauer [Monate]	5,0 \pm 1,1	5,0 (2)

5.2.3 Expositionsverhalten

Im Fragebogen wurden die Beachvolleyballer zu deren UV-Exposition befragt. Dies ergab, dass sich 36 (60,0 %) Personen 3 bis 5 Stunden täglich im Freien aufhielten. 21 (35,0 %) der Spieler sogar 5 bis 8 Stunden täglich. 48 (80,0 %) der Befragten verbringen keine Arbeitszeit im Freien. 12 (20,0 %) Probanden gaben an, während der Arbeitszeit im Freien tätig zu sein. Dabei betrug die höchste Aufenthaltsdauer 4 Stunden. Zudem wurden die Studienteilnehmer befragt, wie viele Sonnenbrände sie durchschnittlich pro Sommersaison erleiden. 30 (50,0 %) Probanden erleiden im Durchschnitt fünf Sonnenbrände pro Sommer. 22 (36,7 %) Probanden gaben an, mindestens einen Sonnenbrand pro Jahr zu haben. 3 (5,0 %) der Studienteilnehmer erleiden mehr als fünf Sonnenbrände pro Saison. Beim Thema Sonnenbrände in der Kindheit gaben 28 (46,7 %) Probanden an, zwischen einem und fünf Sonnenbrände erlitten zu haben. Bei 11 (18,3 %) Spielern waren es mehr als zehn. 5 (8,3 %) der Befragten gaben an, regelmäßig ein Solarium zu besuchen. Die Angaben der Probanden zum Expositionsverhalten gegenüber UV-Strahlung sind in Tab. 12 aufgelistet.

Tab. 12: UV-Exposition des Studienkollektivs

	absolute [n] und (relative [%]) Häufigkeit
<u>Zeit pro Tag im Freien (März-Oktober)</u>	
<u>[h]</u>	
<1	0 (0,0)
1-2	2 (3,3)
	36 (60,0)

3-5	21 (35,0)
5-8	1 (1,7)
8-10	0 (0,0)
>10	
<u>Zeit auf Arbeit im Freien [h]</u>	
0	48 (80)
0,5	1 (1,7)
1,0	6 (10,0)
2,0	3 (5,0)
4,0	2 (3,3)
<u>Sonnenbrände</u>	
nie	0 (0)
1 aller 10 Jahre	0 (0)
1 aller 5 Jahre	1 (1,7)
1 aller 2 Jahre	4 (6,7)
1 pro Jahr	22 (36,7)
5 pro Jahr	30 (50,0)
>5 pro Jahr	3 (5,0)
<u>Sonnenbrände Kindheit (bis 14 Lj.)</u>	
unbekannt	5 (8,3)
nie	28 (46,7)
1-5	12 (20,0)
5-10	11 (18,3)
>10	4 (6,7)
<u>Solarium</u>	
ja	5 (8,3)
nein	55 (91,7)

5.2.4 Sonnenschutzverhalten

Die Probanden wurden zu deren Sonnenschutzstrategien befragt, hier war es möglich eine Mehrfachauswahl zu treffen. Meidung der Sonne, Kleidung zum Sonnenschutz und Verwendung von Lichtschutzpräparaten, wie Sonnencreme,

waren die Antwortmöglichkeiten. Dabei gaben 6 (10,0 %) der Befragten an, keine Schutzstrategien gegenüber Sonnenstrahlung anzuwenden. 23 (38,3 %) gaben an, lediglich Lichtschutzpräparate zu verwenden. 25 (41,7 %) gaben an, mehrere Schutzmöglichkeiten zu kombinieren. Eine weitere Frage war, in welchen Situationen die Spieler Lichtschutzpräparate verwenden. Während des Sports verwenden 32 (53,3 %) der Spieler häufig/regelmäßig Lichtschutzpräparate. Im privaten Bereich antworteten 46 (76,7 %) der Probanden nie bzw. nur selten Lichtschutzpräparate zu verwenden. Im Urlaub schützen sich 37 (61,7 %) der Spieler besonders intensiv vor der Sonne. Die Spieler wurden zudem befragt, welche Körperpartien sie besonders vor Sonneneinstrahlung schützen, dabei war eine Mehrfachauswahl möglich. 50 (83,3 %) Spielern gaben an, dass Gesicht besonders zu schützen. 29 (48,3 %) Spieler gaben an, die Schultern besonders zu schützen. Der Bereich Brust/Dekolleté wurde von 6 (10,0 %) Spielern ausgewählt. Es wurde von 7 (11,7 %) Probanden angegeben, die Beine besonders zu schützen. Des Weiteren sollten die Spieler angeben, welchen LSF sie an einem sonnigen Turniertag applizieren würden. Hier gaben 49 (81,7 %) der Probanden an, einen LSF zwischen 20 und 30 zu verwenden. Der LSF 50 wurde von 8 (13,3 %) der Spieler ausgewählt. Die Ergebnisse der Befragung der Spieler zum Thema Sonnenschutzverhalten sind in Tab. 13 dargestellt.

Tab. 13: Sonnenschutzverhalten des Studienkollektivs

	absolute [n] und (relative [%]) Häufigkeit
<u>Sonnenschutzstrategie</u> (Mehrfachauswahl möglich)	
keine	6 (10,0)

Meidung	1 (1,7)
Kleidung/Hut	5 (8,3)
Lichtschutzpräparate	23 (38,3)
kombinierter Schutz (mind. 2 Strategien)	25 (41,7)
<u>Verwendung von Lichtschutzpräparaten</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • beim Sport 	
nie	11 (18,3)
selten	17 (28,3)
häufig	16 (26,7)
regelmäßig	16 (26,7)
<ul style="list-style-type: none"> • im Privatbereich 	
nie	16 (26,7)
selten	30 (50,0)
häufig	9 (15,0)
regelmäßig	5 (8,3)
<u>besonderer Schutz im Urlaub</u>	
ja	37 (61,7)
nein	3 (38,3)
<u>Hautpartien besonderer Sonnenschutz</u>	
(Mehrfachauswahl möglich)	
Gesicht	50 (83,3)
Hals	20 (33,3)
Schultern	29 (48,3)
Brust/Dekolleté	6 (10)
Rücken	10 (16,7)
Arme	22 (36,7)
Beine	7 (11,7)
<u>Auswahl LSF für sonnigen Turniertag</u>	
5	0 (0)
10	3 (5)
20	24 (40)
30	25 (41,7)

50	8 (13,3)
50+	0 (0)

6 Diskussion

6.1 Ergebnisse UV-Dosimetrie

Die Höhe der solaren UV-Exposition der Spieler war sehr wetterabhängig. So wurden an einem sonnigen Tag 664 J/m² an der Stirn eines Probanden gemessen. Diese Bestrahlungsdosis entspricht der 1,90-fachen MED des Hauttyps III und der 2,66-fachen MED des Hauttyps II und würde ein Erythem auf der ungeschützten Haut hervorrufen. Der niedrigste Wert für die Stirn, gemessen bei bewölktem, leicht regnerischem Wetter, betrug 97 J/m². Dies entspricht der 0,28-fachen MED bei Hauttyp III und der 0,39-fachen MED bei Hauttyp II. Diese Werte gelten als unbedenklich. In Deutschland existieren derzeit nur Grenzwerte für künstliche optische Strahlung im UV-Bereich. Für natürliche UV-Strahlung existieren aktuell keine Grenzwerte (Drexler 2018). Die maximal gemessenen Bestrahlungsdosen in dieser Studie liegen weit unter denen, die bei professionellen Radfahrern gemessen wurden. Diese erreichten Werte bis 2,4 MED/h (Moehrle et al. 2000). Diese Werte gelten bis heute als die höchsten gemessenen Werte bei Sportlern. In der Studie von Moehrle et al. wurden solche hohen Messwerte jedoch nur bei Bergetappen, in großer Höhe über dem Meeresspiegel, ermittelt. Dabei nimmt die Intensität der UV-Strahlung bis 10 % pro 1000 Höhenmeter zu (DWD 2015). Der Messort dieser Studie liegt ca. 150 m über dem Meeresspiegel, somit spielte die Höhenlage kaum eine Rolle. Moehrle untersuchte ebenfalls die UV-Belastung von Triathleten. Die Probanden trugen dabei ein Dosimeter zwischen den Schulterblättern. Die Personendosimetrie erfolgte während des Ironmans auf Hawaii. In der Zeit des Laufes und während des Radfahrens wurden UV-Werte zwischen 0,8 und 1,3 MED/h gemessen (Moehrle 2001). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den am Nacken/oberen Rücken ermittelten Werten der Beachvolleyballer. Hier wurden Werte

bis zu 1,1 MED/h gemessen, jedoch nur an wenigen Messtagen. Im Durchschnitt lagen die Werte der Beachvolleyballer bei 0,5 MED/h. Obwohl die Personendosimetrie der Beachvolleyballer ausschließlich zur Mittagszeit erfolgte, liegen deren UV-Werte im Durchschnitt deutlich unter denen der Triathleten. Dies ist am ehesten der unterschiedlichen geografischen Lage der Messorte geschuldet. Der Ironman findet im Oktober statt, in diesem Monat liegt der durchschnittliche UVI bei 9 auf Hawaii (Weather-US.com 2019). In dieser Studie lag der durchschnittliche UVI während der 15 Messtage bei 5,7. In der Literatur zum Thema UV-Dosimetrie bei Outdoor-Sportlern finden sich Ergebnisse zu diversen anderen Sportarten, u.a. Tennis, Skifahren und Bergsteigen (Serrano et al. 2011, Moehrle et al. 2003, Rigel et al. 2003). Jedoch ist ein Vergleich zu den Ergebnissen dieser Studie aufgrund der folgenden Aspekte schwierig. Die meisten Studien dienen der Quantifizierung der UV-Exposition der Sportler während ganzer Tage, Wochen oder Monate. Hingegen erfolgte die Dosimetrie der Beachvolleyballer im definierten Zeitraum von 2 Stunden, während der Mittagszeit. Somit ist eine Hochrechnung einer UV-Tagesdosis nicht sinnvoll. Der Fokus dieser Studie liegt auf der Differenzierung der UV-Exposition einzelner Körperareale. In bisherigen Studien wurden die Sportler ausschließlich mit einem Messgerät ausgestattet. Es zeigt sich eine hohe Qualität und Aussagekraft der UV-Messwerte der einzelnen Körperpositionen. Dies wird belegt durch die starke Korrelation dieser Werte mit den Messwerten des unbeweglichen Stativs und damit mit der Erythem-wirksamen Globalstrahlung. Vor der Studie konnte man bereits erwarten, dass die Stirn stark exponiert sein wird. Auffällig sind jedoch die ähnlich hohen und teils höheren Messwerte des Nackens. Eine Erklärung hierfür könnte das spezifische Bewegungsmuster im Beachvolleyball sein. Dabei stehen die Spieler in vorgebeugter Haltung mit dem Blick nach vorn gerichtet, während sie den Aufschlag des gegnerischen Teams erwarten. Exemplarisch wird diese Körperhaltung in Abb. 11 aufgezeigt.



Abb. 11: Annahmespieler (rechts im Bild) erwartet den gegnerischen Aufschlag

Während der Spielzüge, ob in der Abwehr, während des Passspiels oder in Vorbereitung auf einen Blocksprung, befinden sich die Spieler ebenfalls in vorgebeugter Haltung. Dabei ist das Körpergewicht auf dem Vorfuß, um möglichst schnell in eine Vorwärtsbewegung übergehen zu können. In Abb. 12 wird eine beispielhafte Spielsituation dargestellt.



Abb. 12: Spieler (links im Bild) bereitet sich auf einen Blocksprung vor

Dieses spezifische Bewegungsmuster könnte ebenfalls eine Erklärung dafür sein, dass an der Brust/Dekolleté der Spieler die mit Abstand niedrigsten Werte gemessen wurden. Außerdem war eine feste Platzierung der Dosimeter am Dekolleté der Probanden schwierig. Die Dosimeter kippten bei vorgebeugter Haltung zusätzlich nach vorn, sodass sich der Winkel der Sonnenstrahlen zur Messfläche des Sensors vergrößerte.

6.2 UV-Stativ

Die horizontal gemessenen UV-Werte waren den wenigsten Einflüssen ausgesetzt, da das Dosimeter immer an einer festen Position installiert wurde. Daher wurden im Ergebnisteil Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern zum UV-Stativ aufgezeigt und nicht zu den Messwerten der einzelnen Körperstellen. Diese Korrelationen sind jedoch übertragbar, da die horizontal gemessenen Werte hoch signifikant zu denen der einzelnen Körperpositionen sind.

6.2.1 Korrelation der gemessenen UV-Dosis mit dem UV-Index

Insgesamt korrelierten die gemessenen UV-Werte des Stativs signifikant mit den vom DWD prognostizierten UV-Index-Werten. Dies bestätigt den UV-Index als zuverlässigen Vorhersagewert für die Intensität solarer Strahlung und spricht für die Qualität der ermittelten UV-Werte dieser Studie. Am 14.06.2016 und am 04.08.2016 kam es zu größeren Abweichungen zwischen dem UVI und den gemessenen Bestrahlungsdosen. Am 14.06.2016 wurde vom UV-Stativ 699 J/m^2 gemessen, während der UVI mit 2,9 sehr niedrig lag. Der Grund dafür war die Annahme des DWD, dass der höchste Bewölkungsgrad (8/8) an diesem Tag vorliegen wird. Die am Trainingstag eigens erfasste Wetteraufzeichnung lag bei „teils bewölkt“. Der DWD erfasste am selbigen Tag einen Bewölkungsgrad von 5/8 für Erfurt, welches der nächstgelegenen Messstation entspricht. Für diesen Bewölkungsgrad hätte sich ein UVI von 5,7 bis 6,1 ergeben, welcher gut mit den Messwerten des Stativs korreliert hätte. Am 04.08.2016 verhielt es sich umgekehrt, der Stativ-Aufnehmer ermittelte

318 J/m² und der UVI betrug 5,5 für diesen Tag und sagte damit wesentlich höhere UV-Bestrahlungsdosen voraus. An diesem Trainingstag wurde eigens das Wetter als „vollständig bewölkt“ erfasst. Der DWD ermittelte für die Zeit bis 12 Uhr MESZ einen Bewölkungsgrad von 7/8 und danach von 8/8. Es wären vermutlich höhere UV-Werte des Stativs gemessen worden, wenn das Training eher begonnen hätte. Der DWD hatte somit einen korrekten Wert vorausgesagt, da es sich beim UVI um einen Tageshöchstwert handelt und dieser auch vor 12 Uhr MESZ erreicht werden kann. Der Grund für die starken Abweichungen vom UV-Index und der gemessenen Globalstrahlung konnte nur aufgrund der engen Zusammenarbeit mit Fr. Dr. Laschewski, Schriftführerin des Zentrums für meteorologische Forschung beim DWD, erreicht werden.

6.2.2 Korrelation UV-Stativ mit dem FTH

Der FTH wurde im Rahmen einer personendosimetrischen Messung von Spenglern von M. Weber beschrieben (Weber 2007). Der Beruf des Spenglers umfasst das Verkleiden von Fassaden mit Blechen, gearbeitet wird dabei direkt an Fassaden bzw. auf Dächern. Der FTH bietet den Vorteil, dass Expositionen einzelner Körperteile ohne eine direkte Messung abgeleitet werden können, wenn man die Erythem-effektive Globalstrahlung kennt. Die Erythem-effektive Globalstrahlung ist für ein flächendeckendes Messnetz abrufbar (H. Kaase 2008). Unter Beachtung des Einflusses der Körperhaltung und saisonalen Schwankungen des Faktors, könnte man ganzjährige Expositionen von Sportlern und bestimmten Berufsgruppen errechnen. M. Weber ermittelte in seiner Studie den FTH von Brust und Nacken der Spengler. Diese Ergebnisse ähneln den ermittelten Werten von Beachvolleyballern dieser Studie und sind in Tab. 14 dargestellt.

Tab. 14: Gegenüberstellung des FTH von Spenglern und Beachvolleyballern

Körperteil	FTH	Standard-	FTH	Standard-
------------	-----	-----------	-----	-----------

	Spengler	abweichung	Beachvolleyballer	abweichung
Nacken	0,50	±0,19	0,40	±0,11
Brust	0,12	±0,05	0,13	±0,04

Gründe für die ähnlichen Ergebnisse könnte die ebenfalls vorgebeugte Haltung der Spengler sein, in hockender und kniender Position. Zudem arbeiten die Spengler auf reflektierenden Oberflächen wie Blechen. Sand als Untergrund beim Beachvolleyball wirkt ebenfalls reflektierend.

6.3.4 Korrelation UV-Stativ mit Körperstellenfaktor

Der Körperstellenfaktor dient der Umrechnung der UV-Exposition zwischen den einzelnen Körperpositionen. Dies ermöglicht eine Einschätzung der UV-Exposition bestimmter Körperstellen, ohne diese im Einzelnen gemessen zu haben. Diese Methode wird vor allem zur retrospektiven Ermittlung solar bedingter Hautschäden am Arbeitsplatz genutzt (Wittlich et al. 2016). In Tab. 15 werden die Körperstellenfaktoren von Beachvolleyballern denen von Dr. M. Wittlich beschriebenen gegenübergestellt. Die Werte beziehen sich dabei auf die Oberarmposition, diese Körperstelle wird als Referenzwert 1,0 gesetzt.

Tab. 15: Vergleich der Körperstellenfaktoren von Wittlich mit denen in dieser Studie
m ermittelten Werten

Körperstelle	Körperstellenfaktor (Wittlich et al. 2016)	Körperstellenfaktor Beachvolleyballer
Oberarm	1,00	1,00
Stirn	1,50	1,65
Brust/Dekolleté	1,00	0,52
Nacken	1,70	1,61

Die ermittelten Körperstellenfaktoren der Beachvolleyballer ähneln stark den von Dr. M. Wittlich publizierten. Die Brust/Dekolleté-Position zeigt jedoch größere

Unterschiede. Der in dieser Studie ermittelte Körperstellenfaktor für diese Position ist nur etwa halb so groß. Dies kann dem spezifischen Bewegungsmuster der Beachvolleyballer zugeschrieben werden.

6.3 Studienkollektiv

6.3.1 Allgemeine Daten

In der vorliegenden Arbeit setzte sich das Studienkollektiv aus sehr jungen Teilnehmern zusammen. Diese waren im Median 26,0 Jahre alt. Eine Begründung dafür ist, dass die Akquirierung der Teilnehmer in der Studentenstadt Jena erfolgte. Des Weiteren war ein Einschlusskriterium, aktiv Beachvolleyball zu spielen inklusive mind. einer Turnierteilnahme in der aktuellen Saison. Der BMI der Spieler betrug im Median 23,1 kg/m², dieser gilt laut WHO bis 24,9 kg/m² als normalgewichtig. Dennoch hatten 13 Teilnehmer BMI-Werte über 24,9 kg/m² und werden laut WHO als prä-adipös eingestuft. Ein Teilnehmer hatte einem BMI von 30,7 kg/m² gilt laut WHO als adipös (Adipositas Klasse I 30,0-34,9 kg/m²). 12 der 13 Probanden die oberhalb der Kategorie „normalgewichtig“ lagen, waren Männer. Der BMI differenziert nicht zwischen Fett- und Muskelmasse in seiner Berechnung. Da die Teilnehmer der Studie sportlich aktiv waren, sind die erhöhten BMI-Werte am ehesten durch den muskulösen Körperbau der Teilnehmer zu erklären. Das Probandenkollektiv war im Median 182,1 cm groß. Damit lagen die Werte der Probanden über den bundesdeutschen Durchschnittswerten der 20- bis 30-Jährigen von 2009. Diese betragen 180,5 cm für Männer und 168,0 cm für Frauen (Bundesamt 2009). Diese Tatsache lässt sich durch den höheren Anteil an Männern im Probandenkollektiv erklären (66,7%) und, dass eine hohe Körpergröße im Volleyballsport von Vorteil ist. Die Verteilung der Hauttypen unter den Teilnehmern entspricht annähernd der Häufigkeitsangabe des DWD von Tab. 1. Die Hauttypen I und II waren leicht unterdurchschnittlich in der Studie vertreten. Man kann vermuten, dass Personen dieses Hauttyps Sportarten mit hoher Sonnenbelastung meiden.

6.3.2 Sportverhalten

Die Probanden der Studie waren als sehr affin gegenüber Outdoor-Sportarten einzustufen. 52 (86,7 %) der 60 Teilnehmer gaben an, zwischen 3 und 10 Stunden wöchentlich im Freien zu trainieren. Am Nachmittag und Abend trainierten die Teilnehmer bevorzugt. Lediglich 4 (6,7 %) der Studienteilnehmer trainierten regelmäßig zur Mittagszeit. Dies könnte limitierend auf die Aussagekraft der Messergebnisse wirken, da diese ausschließlich zur Mittagszeit erhoben wurden. Andererseits ist eine Spielzeit zwischen 11 und 15 Uhr, in der die stärkste UV-Exposition zu erwarten ist, während Beachvolleyballturnieren die Regel.

6.3.3 Expositionsverhalten

Die Probanden gaben an, auch außerhalb sportlicher Aktivitäten viel Zeit im Freien zu verbringen. So gaben 57 (95,0 %) der 60 Probanden an, sich täglich während der Sommerzeit zwischen 3 bis 10 Stunden im Freien aufzuhalten. Die langen Aufenthaltszeiten im Freien sind darauf zurückzuführen, dass der Großteil der Befragten aufgrund ihres Studentenstatus nicht an feste Arbeitszeiten gebunden war. Lediglich 10 Studienteilnehmer hielten sich während ihrer Arbeitszeit (einschließlich Hochschulveranstaltungen) im Freien auf. Unter ihnen befanden sich Dachdecker, Sportlehrer und Sportstudenten. Die Kombination aus beruflicher UV-Exposition und sonnenreichen Freizeitaktivitäten, wie Beachvolleyball, birgt ein besonders hohes Risiko für solar bedingte Hautschäden. 55 (91,7 %) der Teilnehmer gaben an, mindestens einen Sonnenbrand pro Jahr zu erleiden. Bei 30 (50,0 %) Studienteilnehmern waren es sogar 5 Sonnenbrände pro Jahr. Diese Zahlen sind besorgniserregend. Im Vergleich dazu erbrachte eine repräsentative Forsa-Umfrage von 2016 (Forsa 2016), dass in Deutschland ca. 41 % aller Befragten mind. einen Sonnenbrand pro Jahr hatten. In der Altersgruppe der 18- bis 29-jährigen, welche mit dem Studienkollektiv vergleichbar ist, hatten 71 % einen Sonnenbrand pro Jahr. Jedoch hatten lediglich 23 % dieser Altersgruppe mehr als einen Sonnenbrand im Jahr (Forsa 2016). In der Forsa-Studie zeigte sich bei Befragten mit einem höheren Bildungsstand (Abitur, Studium) ein häufigeres Auftreten von Sonnenbränden. Die

Probanden dieser Studie hatten zu 93,3 % Abitur. Dies und die Tatsache, dass die Befragten viel Sport im Freien treiben, scheint die Auftrittswahrscheinlichkeit für Sonnenbrände zu erhöhen.

6.3.4 Präventionsverhalten

Beim Thema Prävention fielen die Antworten der Befragten sehr unterschiedlich aus. 6 (10,0 %) der Befragten gaben an, keine der genannten Sonnenschutzstrategien (Sonnenmeidung, Kleidung, Lichtschutzpräparate) anzuwenden. Demgegenüber gaben 25 (41,7 %) an, gleich mehrere Möglichkeiten zum Schutz vor UV-Strahlung miteinander zu kombinieren. Die Verwendung von Lichtschutzpräparaten wurde insgesamt als häufigste Schutzstrategie von 46 (76,7 %) der Befragten im Fragebogen gewählt. Zudem wählten 49 (81,7 %) einen LSF zwischen 20 und 30 für einen sonnigen Turniertag. Dies würde der Schutzempfehlung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) für Arbeitnehmer im Freien entsprechen (Ott et al. 2016). Kontrovers zur großen Beliebtheit von Lichtschutzpräparaten war, dass nur 32 (53,3 %) der befragten Beachvolleyballer Sonnenschutzprodukte „häufig“ und „regelmäßig“ während des Sports nutzen. Die Meidung der Sonne gilt als effektivste Präventionsmaßnahme. Diese Art des Sonnenschutzes wurde jedoch von nur 9 (15,0 %) Probanden ausgewählt und ist damit deutlich unterrepräsentiert. Die Spieler wurden befragt, welche Hautpartien sie besonders vor UV-Strahlung schützen. 50 (83,3 %) der Probanden gaben an, ihr Gesicht besonders zu schützen. Dies ist erfreulich, da in diesem Bereich viele der sogenannten „Sonnenterassen“ liegen (AWMF 2014). Jedoch gaben nur 20 (33,3 %) der Befragten an, ihren Hals besonders zu schützen. Dies steht im Konflikt mit den hohen UV-Expositionswerten des Nackens während der Trainingseinheiten und weist auf die Notwendigkeit von Präventionsinterventionen hin.

7 Schlussfolgerungen

Die Messung der einzelnen Körperpositionen zeigte, dass vor allem die Stirn und der Nacken zu den exponiertesten Körperstellen gehören. Diese bekommen ca. 40% der Erythem-wirksamen Globalstrahlung ab. Diese Tatsache sollte in sportspezifischen Präventionsempfehlungen für Beachvolleyballer berücksichtigt werden. Insgesamt kann man davon ausgehen, dass Beachvolleyballer hohen bis sehr hohen kumulativen Bestrahlungsdosen ausgesetzt sind. Dafür spricht die Anzahl der wöchentlichen Trainingsstunden, die im Freien absolviert werden. Hinzu kommen regelmäßige Teilnahmen an Beachvolleyballturnieren. Diese beginnen am Morgen und dauern häufig bis zum frühen Abend, sodass auch während des UV-reichsten Tagesabschnitts von 11 bis 15 Uhr gespielt wird. Aufgrund einer zunehmenden Professionalisierung der Spieler auch im Hobbybereich, werden Trainingslager in sonnenreichen Ländern (Türkei, Spanien) im Frühjahr und Herbst wahrgenommen. Dies führt zu einer zusätzlichen UV-Belastung. Die Befragung der Spieler zum Thema Sonnenbrand zeigte, dass Beachvolleyballer häufiger Sonnenbrände im Jahr erleiden als Bundesdeutsche vergleichbarer Altersgruppen. Aufgrund der erhöhten UV-Exposition bei nur unzureichendem Präventionsverhalten der Spieler wird gezeigt, dass Beachvolleyballer eine Risikogruppe für solar bedingte Hauterkrankungen darstellen. In Zukunft sollte die Aufklärung der Spieler zu diesem Thema in den Vordergrund gerückt werden und damit vor allem im Jugendbereich begonnen werden. Der Deutsche Volleyball Verband (DVV) und die Volleyball Landesverbände wären geeignete Institutionen sich dieser Aufgabe anzunehmen. Konkret könnte dies in Form von Informationsveranstaltungen auf Turnieren und während Trainingslagern von Jugendspielern erfolgen. Zudem sollte Verhältnisprävention im Beachvolleyball betrieben werden. Dies könnte durch kostenfreie Sonnenschutzmittelspender in Sportstätten und ausreichende Schattenflächen auf Sportanlagen (Sonnensegel) realisiert werden. Zudem sollte beim Bau von Beachvolleyballplätzen darauf geachtet werden, dass eine direkte Sonneneinstrahlung von 11 bis 15 Uhr vermieden wird. In Sportanlagen sollten Anzeigetafeln für die aktuellen UVI-Prognosen des DWD angebracht werden, inklusive sportspezifischer Präventionsempfehlungen für den jeweiligen UVI. So könnte die Aufmerksamkeit der Spieler gegenüber sonnenbedingter Hautschäden erhöht werden und gleichzeitig die Bereitschaft zur Anwendung von Sonnenschutzprodukten verbessert werden. Perspektivisch sollte das erhöhte Risiko

von Outdoor-Profisportlern solar bedingte Hautschäden zu erleiden quantifiziert werden. So erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass diese Personen Hautkrebs in Folge der beruflichen UV-Exposition erleiden können. Eine Anerkennung solcher Erkrankungen als Berufskrankheit wäre die Folge. Zu diesen Sportlern könnten neben Beachvolleyballern auch Fußballer, Tennisspieler, Schwimmer und Leichtathleten gehören. Weiterführende personendosimetrische Messungen für die einzelnen Sportarten wären notwendig, um die kumulativen UV-Bestrahlungsdosen der Sportler besser abschätzen zu können und deren Mehrbelastung gegenüber der Normalbevölkerung aufzuzeigen.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Anders A, Altheide HJ, Knalmann M, Tronnier H. 1995. Action spectrum for erythema in humans investigated with dye lasers. *Photochem Photobiol*, 61 (2):200-205.
- Armstrong BK, Kricger A. 1993. How much melanoma is caused by sun exposure? *Melanoma Res*, 3 (6):395-401.
- Armstrong BK, Kricger A. 2001. The epidemiology of UV induced skin cancer. *J Photochem Photobiol B*, 63 (1-3):8-18.
- Autier P, Dore JF, Reis AC, Grivegnée A, Ollivaud L, Truchetet F, Chamoun E, Rotmensz N, Severi G, Cesarini JP. 2000. Sunscreen use and intentional exposure to ultraviolet A and B radiation: a double blind randomized trial using personal dosimeters. *Br J Cancer*, 83 (9):1243-1248.
- AWMF S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs
<http://leitlinienprogramm.onkologie.de/Leitlinien.7.0.html>.
- Baadsgaard O, Salvo B, Mannie A, Dass B, Fox DA, Cooper KD. 1990. In vivo ultraviolet-exposed human epidermal cells activate T suppressor cell pathways that involve CD4+CD45RA+ suppressor-inducer T cells. *J Immunol*, 145 (9):2854-2861.
- Backes C, Religi A, Moccozet L, Vuilleumier L, Vernez D, Bulliard JL. 2018. Facial exposure to ultraviolet radiation: Predicted sun protection effectiveness of various hat styles. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 34 (5):330-337.
- Barnes DB, Kraywinkel DK, Nowossadeck E, Schönfeld I, Starker A, Wienecke A, Wolf DU. 2016. Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland 2016. Robert Koch-Institut.
- Bauer A, Diepgen TL, Schmitt J. 2011. Is occupational solar ultraviolet irradiation a relevant risk factor for basal cell carcinoma? A systematic review and meta-analysis of the epidemiological literature. *Br J Dermatol*, 165 (3):612-625.
- Bauer A, Beissert S, Knuschke P. 2015. [Prevention of occupational solar UV radiation-induced epithelial skin cancer]. *Hautarzt*, 66 (3):173-178.
- Bimczok R, Gers-Barlag H, Mundt C, Klette E, Bielfeldt S, Rudolph T, Pflucker F, Heinrich U, Tronnier H, Johncock W, Klebon B, Westenfelder H, Flosser-Müller H, Jenni K, Kockott D, Lademann J, Herzog B, Rohr M. 2007. Influence of applied quantity of sunscreen products on the sun protection factor--a multicenter study organized by the DGK Task Force Sun Protection. *Skin Pharmacol Physiol*, 20 (1):57-64.
- Black RJ, Bray F, Ferlay J, Parkin DM. 1997. Cancer incidence and mortality in the European Union: cancer registry data and estimates of national incidence for 1990. *Eur J Cancer*, 33 (7):1075-1107.
- Braun-Falco O. 2005. *Dermatologie und Venerologie*. Springer Verlag.
- Brix J, Brose M, Fartasch M, Ott G, Reichrath J, Reidenbach H-D, Horak W, Jossen H, Kitz E, Knuschke P, Schmid HR, Siekmann H, Steinmetz M, Völker T. 2012. Leitfaden „Sonnenstrahlung“ Fachverband für Strahlenschutz e.V.
- Bundesamt S. 2009. Körpermaße der Bevölkerung.
- COLIPA. European Cosmetic T, Association P, association Jci, Cosmetic t, association f. 2006. International Sun Protection Factor (SPF) Test Method. COLIPA.

- Daniels R 07.12.2018. Sonnenschutzmittel Bessere Deklaration schützt Verbraucher
<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/ausgabe-222007/sonnenschutzmittel-bessere-deklaration-schuetzt-verbraucher/>.
- Diepgen TL, Drexler H, Elsner P, Schmitt J. 2015. [UV-irradiation-induced skin cancer as a new occupational disease]. *Hautarzt*, 66 (3):154-159.
- Diffey BL. 1990. Human exposure to ultraviolet radiation. *Semin Dermatol*, 9 (1):2-10.
- Drexler H. 2018. Licht und Schatten bei der Arbeitin der Sonne. *ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 03/2018.
- Dummer R. 2013. Physikalische Therapiemaßnahmen in der Dermatologie. Steinkopff.
- DWD. 2002. Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes.
- DWD. 2015. UV in der Atmosphäre und UV-Wirkung auf den Organismus
- Elwood JM, Gallagher RP, Davison J, Hill GB. 1985. Sunburn, suntan and the risk of cutaneous malignant melanoma--The Western Canada Melanoma Study. *Br J Cancer*, 51 (4):543-549.
- Farr PM, Besag JE, Diffey BL. 1988. The time course of UVB and UVC erythema. *J Invest Dermatol*, 91 (5):454-457.
- Fartasch. 2011. UV Strahlung und Hautkrebs. *IPA-Journal* 03/2011.
- Fitzpatrick. 1975. Soleil et peau. *Journal de Medecine Esthetique*:33–34.
- Forsa. 2016. Verhalten in Bezug auf Sonnenschutz.
- Gallagher RP, Hill GB, Bajdik CD, Coldman AJ, Fincham S, McLean DI, Threlfall WJ. 1995. Sunlight exposure, pigmentation factors, and risk of nonmelanocytic skin cancer. II. Squamous cell carcinoma. *Arch Dermatol*, 131 (2):164-169.
- Greiter. 1984. Sonne und Gesundheit. Gustav-Fischer-Verlag.
- H. Kaase FS. 2008. Tagungsband Licht und Gesundheit. TU Berlin, DGP, DAfP, LiTG.
- Hübscher N. 2013. Die Trendsportart Beachvolleyball und dazu passendes Eventmarketing. GRIN Verlag.
- ICNRP. 2004. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Phys*, 87 (2):171-186.
- Johnson BE, Ferguson J. 1990. Drug and chemical photosensitivity. *Semin Dermatol*, 9 (1):39-46.
- Kappas M. 2012. Klimawandel und Hautkrebs. *ibidem*.
- Katalinic PDA. 2018. Update - Zahlen zu Hautkrebs in Deutschland. Institut für Krebsepidemiologie e.V., Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V.
- Kligman LH. 1986. Photoaging. Manifestations, prevention, and treatment. *Dermatol Clin*, 4 (3):517-528.
- Knuschke U, Ott, Janßen. 2007. Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien. Gruppe „Anlagen und Verfahren, optische Strahlung“
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Kollias N, Malallah YH, al-Ajmi H, Baqer A, Johnson BE, Gonzalez S. 1996. Erythema and melanogenesis action spectra in heavily pigmented individuals as compared to fair-skinned Caucasians. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 12 (5):183-188.

- Kricker A, Armstrong BK, English DR, Heenan PJ. 1995. Does intermittent sun exposure cause basal cell carcinoma? a case-control study in Western Australia. *Int J Cancer*, 60 (4):489-494.
- Lim HW, Cooper K. 1999. The health impact of solar radiation and prevention strategies: Report of the Environment Council, American Academy of Dermatology. *J Am Acad Dermatol*, 41 (1):81-99.
- Markstaler M. 2018. Photovoltaik für Ingenieure: Theorie und Anwendung für dezentrale Energiesystemberechnung mit Python. Books on Demand.
- Matsumura Y, Ananthaswamy HN. 2002. Short-term and long-term cellular and molecular events following UV irradiation of skin: implications for molecular medicine. *Expert Rev Mol Med*, 4 (26):1-22.
- McKinlay AF. 1987. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin, CIE Research Note. *CIE-journal*, 6:17-22.
- Meyer J. 2008. Motive und Motivation in der Trendsportart Beachvolleyball. *Diplom.de*.
- Moehrle M. 2001. Ultraviolet exposure in the Ironman triathlon. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (8):1385-1386.
- Moehrle M. 2008. Outdoor sports and skin cancer. *Clin Dermatol*, 26 (1):12-15.
- Moehrle M, Dennenmoser B, Garbe C. 2003. Continuous long-term monitoring of UV radiation in professional mountain guides reveals extremely high exposure. *Int J Cancer*, 103 (6):775-778.
- Moehrle M, Heinrich L, Schmid A, Garbe C. 2000. Extreme UV exposure of professional cyclists. *Dermatology*, 201 (1):44-45.
- Moyal DD, Fourtanier AM. 2008. Broad-spectrum sunscreens provide better protection from solar ultraviolet-simulated radiation and natural sunlight-induced immunosuppression in human beings. *J Am Acad Dermatol*, 58 (5 Suppl 2):S149-154.
- Normalisation CE. 2015. EN ISO 12312-1:2013/A1:2015: Eye and Face Protection : Sunglasses and Related Eyewear : Part 1 : Sunglasses for General Use (ISO 12312-1:2013/Amd 1:2015). CEN-CENELEC.
- Norval M, McLoone P, Lesiak A, Narbutt J. 2008. The effect of chronic ultraviolet radiation on the human immune system. *Photochem Photobiol*, 84 (1):19-28.
- Nowak D. 2018. Verdacht auf Berufskrankheit? : *ecomед*.
- Ott G, WJ, PK. 2016. Schutz vor solarer UV-Strahlung –Eine Auswahl von Präventionsmaßnahmen.
- Parrish JA, Jaenicke KF, Anderson RR. 1982. Erythema and melanogenesis action spectra of normal human skin. *Photochem Photobiol*, 36 (2):187-191.
- Plewig G, Ruzicka T, Kaufmann R, Hertl M. 2018. *Braun-Falco's Dermatologie, Venerologie und Allergologie*. Springer Berlin Heidelberg.
- Reinart D, Weiss M, Meier CR, Diepgen TL, Surber C. 2013. Outdoor workers' sun-related knowledge, attitudes and protective behaviours: a systematic review of cross-sectional and interventional studies. *Br J Dermatol*, 168 (5):928-940.
- Rigel EG, Lebwohl MG, Rigel AC, Rigel DS. 2003. Ultraviolet radiation in alpine skiing: magnitude of exposure and importance of regular protection. *Arch Dermatol*, 139 (1):60-62.
- Ruggaber A. 1994. Modellierung photolytischer Prozesse in der Troposphäre. Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians Universität.
- Saladi RN, Persaud AN. 2005. The causes of skin cancer: a comprehensive review. *Drugs Today (Barc)*, 41 (1):37-53.

- Serrano MA, Canada J, Moreno JC. 2011. Ultraviolet exposure for different outdoor sports in Valencia, Spain. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 27 (6):311-317.
- Stang A, Stausberg J, Boedeker W, Kerek-Bodden H, Jockel KH. 2008. Nationwide hospitalization costs of skin melanoma and non-melanoma skin cancer in Germany. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 22 (1):65-72.
- Tagesspiegel D 09.04.2019. Die Volleyball-Hauptstadt Deutschlands
<https://www.tagesspiegel.de/sport/volleyball-in-berlin-die-volleyball-hauptstadt-deutschlands/11565422.html>.
- Traupe H, Hamm H. 2005. *Pädiatrische Dermatologie*. Springer Berlin Heidelberg.
- UV-Schutz-Bündnis. 2017. Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne - Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land: Grundsatzpapier des UV-Schutz-Bündnisses.
- Vieth R. 2005. The role of vitamin D in the prevention of osteoporosis. *Ann Med*, 37 (4):278-285.
- Vitasa BC, Taylor HR, Strickland PT, Rosenthal FS, West S, Abbey H, Ng SK, Munoz B, Emmett EA. 1990. Association of nonmelanoma skin cancer and actinic keratosis with cumulative solar ultraviolet exposure in Maryland watermen. *Cancer*, 65 (12):2811-2817.
- Volleyball-Verband D. 2013. *Offizielle Spielregeln Beach-Volleyball*. Hofmann GmbH & Company KG.
- Volleyball.de 04.12.2012. FIVB ändert Bekleidungsvorschrift
<https://volleyball.de/nc/news/details/datum/2012/03/26/fivb-aendert-bekleidungsvorschrift/>.
- Weather-US.com 01.10.2019. October weather forecast and Climate Honolulu, HI
<https://www.weather-us.com/en/hawaii-usa/honolulu-weather-october>.
- Weber M. 2007. Studie zur UV-Belastung beim Arbeiten im Freien
- Weber M, Uller A, Schulmeister K, Brusl H, Hann H, Kindl P. 2007. Outdoor workers' acceptance of personal protective measures against solar ultraviolet radiation. *Photochem Photobiol*, 83 (6):1471-1480.
- Welt 09.04.2019. TV-Quoten 2012 – Fußball schlägt Olympia deutlich
<https://www.welt.de/sport/article112067243/TV-Quoten-2012-Fussball-schlaegt-Olympia-deutlich.html>.
- Wittlich M, Westerhausen S, Kleinespel P, Rifer G, Stoppelmann W. 2016. An approximation of occupational lifetime UVR exposure: algorithm for retrospective assessment and current measurements. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 30 Suppl 3:27-33.

9 Anhang

9.1 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Hauttypen nach F. Greiter und Häufigkeit in Deutschland	12
Tab. 2: Empfohlenes UVI-Schutzschema	18
Tab. 3: Beispiele für Körperstellenfaktor (Wittlich et al. 2016)	21
Tab. 4: Gesamtübersicht über die erythemalen UV-Bestrahlungsdosen	37
Tab. 5: UVI-Werte und Erythem-wirksame Globalstrahlung am Messtag.....	39
Tab. 6: FTH der einzelnen Körperpositionen.....	44
Tab. 7: Körperstellenfaktor bezogen auf Dekolleté und Oberarm.....	44
Tab. 8: Allgemeine Daten des Studienkollektivs Teil 1	45
Tab. 9: Allgemeine Daten des Studienkollektivs Teil 2	46
Tab. 10: Sportverhalten des Studienkollektivs Teil 1	47
Tab. 11: Sportverhalten des Studienkollektivs Teil 2.....	48
Tab. 12: UV-Exposition des Studienkollektivs	49
Tab. 13: Sonnenschutzverhalten des Studienkollektivs	51
Tab. 14: Gegenüberstellung des FTH von Spenglern und Beachvolleyballern.....	57
Tab. 15: Gegenüberstellung Körperstellenfaktoren	57

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Empfindlichkeitsspektrum der Haut nach CIE	30
Abb. 2: Datenlogger X2012-10 Gigahertz-Optik© und Genesis-UV-Einheit.....	31
Abb. 3: Datenlogger an Stirn, Nacken, Dekolleté, Oberarm und Wade.....	32
Abb. 4: dynamische Spielaktion während der Messung	33
Abb. 5: Dosimeter auf Stativ mit horizontal ausgerichteten Messdioden.....	33
Abb. 6: Boxplots der UV-Bestrahlungsdosen	38
Abb. 7: Boxplots UV-Bestrahlungsdosen Stativ und gruppierter UV-Index	40
Abb. 8: Streudiagramm UV-Bestrahlungsdosen Stativ und Temperatur	41
Abb. 9: Boxplots UV-Bestrahlungsdosen Stativ und Wetterlage	42
Abb. 10: Liniendiagramm UV-Bestrahlungsdosen Stativ, Stirn, Oberarm	43
Abb. 11: Annahmespieler erwartet den gegnerischen Aufschlag	54
Abb. 12: Spieler bereitet sich auf einen Blocksprung vor	54

9.3 Fragebogen Sport-, Expositions- und Präventionsverhalten

Fragebogen

Allgemeine Fragen:

Alter : _____ Größe (cm): _____ Gewicht(kg): _____

Geschlecht: M W

Rechtshänder Linkshänder

Haarfarbe:

weiß rot blond hellbraun dunkelbraun
 schwarz

Augenfarbe:

grau blau grün braun

Ausbildung:

Kein Abschluss Hauptschule Realschule Gymnasium
 Hochschule

Berufsabschluss

Dermatologische Anamnese:

Sind bereits Hauterkrankungen bekannt? Nein

Wenn ja, welche? (Neurodermitis, Akne, Rosacea o.ä.)

Benutzen Sie Hautpflegecremes, z.B. bei trockener Haut, nach Duschen oder wegen eines (Hand-)Ekzems?

Nein seltener als 1x wö. 1x wö. 2-3x wö. täglich
mehrmals tgl.

Bestehen Allergien oder Medikamentenunverträglichkeiten? Nein
Wenn ja, welche?

Bekommen Sie in den wärmeren Jahreszeiten Sommersprossen? Ja
Nein

Gab es in Ihrer Familie bereits Hautkrebs? Nein

Wenn ja, welche Art von Hautkrebs war es?

Melanom Basaliom Plattenepithelkarzinom Morbus Bowen
unbekannt

Wer war betroffen? _____

Haben Sie jemals einen „Hautcheck“ gehabt? Nein

wenn ja: einmal bisher alle 5 Jahre alle 2 Jahre jährlich
 häufiger

Sind bei Ihnen bereits verdächtige Leberflecke entfernt worden? Ja Nein

Wie viele „Leberflecke“ haben Sie? (Selbsteinschätzung)

<10 10-50 50-100 > 100

Wie viele Stunden verbringen Sie pro Tag durchschnittlich im Freien? (März-Oktober)

weniger als 1 1-2 3-5 5-8 8-10 mehr
als 10

Wie viele Stunden verbringen Sie pro Tag Privat im Freien? (inkl. Hobbies:
Gartenarbeit, Wandern, Sport...): _____

Wie viele Stunden der Arbeitszeit verbringen Sie pro Tag im Freien? _____ Wie
viele Stunden in Gebäuden? _____

Verbringen Sie Ihren Urlaub in sonnenreichen Regionen? Nein
wenn Ja, schützen Sie sich dort besonders vor der Sonne? Nein
Ja

Haben Sie bereits Sonnenbrände gehabt? Noch nie Wenn ja, wie häufig?
 ca. 1x alle 10 Jahre ca. 1x alle 5 Jahre ca. 1x alle 2
Jahre
 ca. 1x jährlich ca. 5x jährlich häufiger

Hatten Sie bereits in der Kindheit Sonnenbrände (bis zur Pubertät ca. 14.
Lebensjahr)?
 Nie ca. 1-5 Sonnenbrände zw. 5 und 10 mehr als 10
 unbekannt

Sportverhalten:

Wie viele Beachvolleyballturniere spielen Sie in einer Sommersaison?
 1-2 3-5 5-10 10-15 über 15

Wie viele Stunden in der Woche trainieren Sie im Freien? (Beachvolleyball,
Schwimmen, Laufen, Rad fahren)
 1-2 3-5 5-10 über 10

Zu welchen Tageszeiten trainieren Sie vorzugsweise?
 am Morgen Mittag Nachmittag am
Abend in der Nacht

In welchem Monat beginnt bzw. endet für Sie die Beachvolleyballsaison? Beginn:
_____ Ende: _____

Umgang mit Sonnenschutz:

Schützen Sie sich bewusst vor Sonne? Nein
Ja, durch: Meidung Kleidung/Hut Sonnencreme

Verwenden Sie Sonnenschutz?

Beruflich: regelmäßig Häufig Selten

Nie

Privat: regelmäßig Häufig Selten

Nie

Im Sport: regelmäßig Häufig Selten

Nie

Falls Sie Sonnenschutzcreme verwenden, welchen Lichtschutzfaktor verwenden Sie?

<10 10-25 25-50 >50 Wie viel Zeit nehmen Sie sich für das Eincremen? _____

Welche Hautpartien schützen Sie besonders mit Sonnencreme? (Mehrfachnennung möglich)

keine Gesicht Hals Arme Brust Rücken
 Beine

Bräunen Sie sich im Solarium? Nein Wenn Ja, wie häufig ?

Hauttyp: 1 2 3 4 5 6

9.4 Lebenslauf

Name Michael Frank Weber
Geburtsdatum, -ort 16.08.1987, Plauen
Staatsangehörigkeit deutsch

Universitärer Werdegang

2012 bis 2019 Studium der Humanmedizin
Friedrich-Schiller-Universität, Jena
Studienabschluss: Staatsexamen
seit 2019 Aufnahme eines Promotionsstudiums an der
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Beruflicher Werdegang

2010 bis 2012 Gesundheits- und Krankenpfleger im Heinrich-Braun-
Krankenhaus Zwickau, Bereich: Zentrale Notaufnahme

Schulischer Werdegang

2007 bis 2010 Ausbildung zum Gesundheits- und Krankenpfleger in
Zwickau
2006 bis 2007 Zivildienstleistender
2003 bis 2006 Käthe-Kollwitz-Gymnasium in Zwickau, Abitur
1998 bis 2003 Außenstelle Sandberggymnasium, Mülsen

9.5 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. habil. Peter Elsner für die Möglichkeit zur Dissertation in seiner Klinik.

Herrn Dr. med. Dimitar Antonov und Frau Dr. med. Diana Miguel danke ich herzlich für die ausgezeichnete und kontinuierliche Betreuung mit zahlreichen Diskussionen und stets hilfreichen Anregungen.

Den Mitarbeitern der Klinik für Hautkrankheiten, des Universitätsklinikums Jena, danke ich für die Bereitstellung von Räumlichkeiten und Materialien für den Studienablauf.

Herrn Dr. Thomas Lehmann vom Institut für Medizinische Statistik danke ich für sein Engagement bei der Konzeption der statistischen Auswertung.

Dem Team um Dr. Marc Wittlich möchte ich danken für die Bereitstellung des technischen Equipments und die unkomplizierte Zusammenarbeit.

Meinen Kommilitonen in Jena möchte ich an dieser Stelle für ihren permanenten Zuspruch und Ansporn Danke sagen. Allen voran gilt dieser Dank meinem geschätzten Studienkollegen und guten Freund Max Englisch, der mich seit Beginn des Studiums fortwährend bis zur Dissertation begleitete.

Vor allem danke ich meiner Lebensgefährtin Liesa Georgi, die mir den Freiraum schaffte um diese Arbeit zu schreiben und in der Zeit unseren wunderbaren Sohn Arno Bob betreute. Außerdem hatte sie immer ein offenes Ohr für meine Gedanken zu dieser Arbeit.

Meinen Eltern, meinem Bruder Tobias, meiner Großmutter Rosemarie und der Familie Georgi bin ich stets zu Dank verpflichtet.

9.6 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich,

dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Prof. Dr. med. habil. Peter Elsner, Dr. med. Dimitar Antonov und Dr. med. Diana Miguel

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, 29.10.2019

Michael Frank Weber

