

Aus dem Department für Biomedizinische Wissenschaften  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Physiologie und Biophysik  
(Leiterin: Univ.-Prof. Dr.med. Elena E. Pohl)

Methode zur Bestimmung des UV-Sonnenschutzfaktor von Netzgeweben in situ.

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von  
Ines Dürrschmied

Wien, im März, 2023

Betreuer: Mag.rer.nat. Dr.nat.techn. Alois Schmalwieser  
Institut für Physiologie und Biophysik  
Department für Biomedizinische Wissenschaften  
Veterinärmedizinische Universität Wien

Begutachter: Ao.Univ.Prof. Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Phillip Weihs

#### Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

Ich habe die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt und alle zuarbeitend Tätigen mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt.

Die vorliegende Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, den 31.03.2024

Ines Dürschmied

## **ABSTRACT**

Neben Sonnenschutzmitteln bietet auch Kleidung Schutz vor akuten und chronischen Sonnenschäden. Somit ist es wichtig den UV-Schutzfaktor von Textilien zu kennen. In der Regel wird der UV-Schutzfaktor durch eine spektrophotometrische Ermittlung der UV-Transmission bestimmt. Die UV-Transmission und der UV-Schutzfaktor von handelsüblichen Damenstrumpfhosen wurden gemessen, in dem die reale Situation so genau wie möglich simuliert wurde. Für die Messreihen wurden verschiedene Strumpfstärken (DEN 7 bis 40) und Farben, Champagner, Weiß und Schwarz, verwendet. Gemessen wurde die UV-Transmission an den Körperstellen Oberschenkel, Knie, Schienbein, Rist und Wade mit Personendosimetern der Marke SunSaver in Bruck an der Leitha in den Monaten Mai bis August 2023, jeweils in der Zeit zwischen 11 Uhr und 15 Uhr. Die Messreihen fanden in den Bewegungen Sitzen und Gehen, zu der Sonne gerichtet statt. Unter den Messreihen wurde der höchste UV-Schutzfaktor von 3,975 bei Champagner 30 DEN und der niedrigste von 2,404 bei Champagner 7 DEN ermittelt. Bei den Strumpfhosen in der Farbe Schwarz ist deutlich zu sehen, dass die UV-Transmission abnimmt und der damit verbundene UV-Schutzfaktor steigt. Die Körperstellen Oberschenkel und Knie sind am kritischsten zu betrachten. Am Oberschenkel wurde die größte Dehnung und am Knie die stärkste Bewegung festgestellt.

In addition to sunscreens, clothing also offers protection against acute and chronic sun damage. It is therefore important to know the UV protection factor of textiles. Normally, the UV protection factor is determined by spectrophotometric determination of the UV transmission. The UV transmission and the UV protection factor of commercially available tights were measured by simulating the real situation as accurately as possible. Different stocking thicknesses (DENIER 7 to 40) and colors, such as champagne, white and black were used for the series of measurements. The UV transmission was measured at the body partsthigh, knee, shin, instep and calf with personal dosimeters from the SunSaver brand in Bruck an der Leitha in the months of May to August 2023 in each case between 11 am and 3 pm. The series of measurements were taken while sitting and walking and facing the sun. Among the series of measurements, the highest UV protection factor of 3.975 was determined for Champagne 30 DEN and the lowest of 2.404 for Champagne 7 DEN. With the tights in black it can be clearly seen that the UV transmission decreases and the associated UV protection factor increases. The thighs and knees are the parts of the body that need to

be viewed most critically. The greatest stretch was found at the thigh and the greatest movement was found at the knee.

#### Abkürzungsverzeichnis

DEN *DENIER*

DNS *Desoxyribonukleinsäure*

SED *Standard Erythem Dosis*

UPF *Ultraviolet Protection Factor,*

UV *Ultraviolett*

UVR *ultraviolet radiation*

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....	1
2.	MATERIAL UND METHODIK.....	4
2.1.	STRUMPFHOSEN.....	5
2.2.	BEFESTIGUNG .....	6
2.3.	MESSABLAUF .....	7
3.	ERGEBNISSE .....	8
3.1.	ERGEBNISSE UV-TRANSMISSION UND UV-SCHUTZFAKTOR IM SITZEN ANHANDS VERSCHIEDNER DEN IN CHAMPAGNER .....	9
3.2.	ERGEBNISSE DER UV-TRANSMISSION IM VERGLEICH MIT VERSCHIEDENEN FARBEN IN 20 DEN....	15
3.3.	ERGEBNISSE DER UV-TRANSMISSION IM VERGLEICH IN DEN BEWEGUNGEN SITZEN UND GEHEN IN 20 DEN .....	16
4.	DISKUSSION .....	19
5.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	20
6.	LITERATURVERZEICHNIS .....	20
7.	DANKSAGUNG .....	22

## 1. Einleitung und Fragestellung

Ultraviolette Strahlung (UV) ist elektromagnetische Strahlung im optischen Frequenzbereich mit kürzeren Wellenlängen als das für uns Menschen sichtbare Licht. Das Spektrum von UV-Strahlung von Wellenlängen reicht über einen Wellenlängenbereich von ca. 200–400 nm Entsprechend ihrer Wellenlänge wird diese Strahlung in UV-A (320-400 nm), UV-B (290-320 nm) und UV-C (200-290 nm) eingeteilt. UV-Strahlung kann bei längerem ungeschütztem Kontakt mit der direkten Sonne zur akuten und chronischen Schädigung der Haut führen und Hautkrebs verursachen. (1) Auf molekularer Ebene verursacht UV-Strahlung Desoxyribonukleinsäure (DNS)-Schäden wie Cyclobutan-Pyrimidin-Dimere und (6-4) - Photoprodukte, die normalerweise durch Nukleotid-Exzisionsreparatur repariert werden. (2) Die Schädigung der DNS ist der hauptverursachende Faktor bei der Entstehung reversibler Hautveränderungen, wie Erythem und Hautbräunung, sowie irreversibler Hautveränderungen wie vorzeitige Hautalterung, Lichtkeratose und verschiedene Arten von Hautkrebs. Basalzellkarzinom, Melanom und Plattenepithelkarzinom, sind die häufigsten Hautkrebsarten beim Menschen, welche am Unterschenkel fünfmal häufiger bei Frauen auftreten als bei Männern. (3) Neben diversen Hautkrebsarten gibt es eine Vielzahl an Erkrankungen, durch die die Haut eine erhöhte Lichtempfindlichkeit aufweist wie zum Beispiel: Xeroderma pigmentosa und Epidermolysis bullosa acquisita.

Xeroderma pigmentosa ist eine seltene autosomal rezessiv vererbte Erkrankung, die sich infolge eines DNS-Reparatur-Defektes, durch Lichtempfindlichkeit, Pigmentveränderungen, vorzeitige Hautalterung und die Entwicklung bösartiger Tumore äußert. Dies geschieht aufgrund einer zellulären Überempfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung bei den Betroffenen. (4)

Epidermolysis bullosa acquisita ist eine seltene Autoimmunerkrankung, die durch die Synthese von Autoantikörpern gegen Kollagen VII (ein Strukturprotein, welches wichtig für den Zusammenhalt von Dermis und Epidermis ist) gekennzeichnet ist. Die Antigen- Antikörper- Bindung löst eine komplexe Entzündungsreaktion aus. Die Erkrankung ist gekennzeichnet durch eine Brüchigkeit der Haut mit Blasen, Erosionen (oberflächlicher Defekt der Haut) und Milien (gutartige kleine Zysten unter der Oberhaut) in Bereichen mit Verletzungen. (5)

Die durch UV-Strahlung verursachte Problematik von Hauterkrankungen ist nicht nur beim Menschen ein zu beachtendes Thema, sondern auch in der Tiermedizin sehr relevant.

Sonnenschutz ist durch Hautkrebs, welcher in der Humanmedizin durch unzählbare Publikationen beschrieben ist, immer häufiger auch Thema in der Veterinärmedizin. Durch verbesserte Haltungsbedingungen und mehr Auslauf außerhalb des Stallgebäudes sind Tiere, wie zum Beispiel, Schweine vermehrt dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt. Somit sind auch Tiere heutzutage vermehrt dem Risiko von Sonnenbrand und weiteren Erkrankungen der Haut ausgeliefert. Daher stellt sich mir die Frage: benötigen Tiere Sonnenschutz?

Als Sonnenschutzmittel stehen natürliche und künstliche, direkte und indirekte Mittel zur Verfügung. Die Beschattung (Schattennetze, Sonnenschirme, Bäume, etc.) ist ein indirektes Mittel. Zu den direkten Sonnenschutzmitteln gehören physikalische Mittel am Körper wie Sonnencreme und Bekleidung. (6) Wie gut ein Gewebe (Bekleidung, Schattennetze) vor UV-Strahlung schützt, kann durch die UV-Transmission abgeschätzt werden. Der UV-Schutzfaktor und die damit reduzierte UV-Transmission von Kleidungsstücken wird durch den Ultraviolet Protection Factor (UPF) beschrieben, Dieser wird angegeben durch: den Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 4399), den European Standard (DIN 13758) und den American Standard (AATCC TM 183) (7), (8), (9)

Vor kurzem wurden von VeterinärmedizinerInnen aus den USA verschiedene Materialien zur UV-Protektion der Nase des Hundes in Form von Maulkörben getestet. Ziel war es einen sicheren UV-Schutzfaktor für die an Lupus (Autoimmunerkrankung mit Hautveränderungen) erkrankter Tiere im Bereich der Nase zu entwickeln. Der UV-Schutzfaktor betrug beim Nasenschutz aus Vinyl beschichteten Netzgewebe rund 72 %, beim strapazierfähigen 950 - DENIER- Gewebe rund 82 % und bei einem Nylonmaulkorb mit UPF+50 rund 94 % gegeben. Diese Ergebnisse wurden jedoch an einem nicht beweglichen Stoffhund erzielt. (10) In vielen Publikationen werden die wichtigen Faktoren, welche die UV-Transmission beeinflussen beschrieben. Gewebestruktur und ihre Dehnung, Webart, Färbung des Materials, Tageszeit sowie Jahreszeit und damit verbundene Einfallswinkel sind einige wichtige Faktoren. (10, 11) Doch keine der hier zitierten Publikationen beinhaltet die Beeinflussung des Materials durch natürliche Bewegung des Menschen oder des Tieres. Durch die natürliche Bewegung verändert sich die Dehnung des Materials und der Einfallswinkel der Strahlung. Somit ändert sich der direkt damit verbundene UV-Schutzfaktor. (12)

Strumpfhosen sind häufig getragene elastische Kleidungsstücke, die sich durch ihre Möglichkeit der Dehnung beim alltäglichen Tragen optimal an die Person anpassen. Sie sind mehrfach in Publikationen mit ihren vielseitigen Eigenschaften zu finden, jedoch wurden noch keine Messungen direkt am menschlichen Körper durchgeführt.

Ziel dieser Diplomarbeit „Methode zur Bestimmung des UV-Sonnenschutzfaktor von Netzgeweben in situ.“ ist es die Grunddaten für eine eventuell weiterführende Studie zu sammeln, die unter kontrollierten Bedingungen reproduzierbar sind, um den genauen UPF von Netzgewebe bei alltäglichem Gebrauch berechnen zu können. In der weiterführenden Studie werden die Messreihen angepasst, damit eine einheitliche Aussage über das Verhältnis von Material und UV-Schutzfaktor gegeben werden kann. Dies wäre sowohl für Kleidung des Menschen als auch für Sonnenschutznetze für Tiere sehr nützlich.



## 2. Material und Methodik

Die UV-Transmission über den Wellenlängenbereich 200-400 nm wurde von Mai bis August 2023 in 2401 Fischamend Markt (DG: 48.11416 °N und 16.611756°O, 156m m ü. NN), jeweils in der Zeit von 11 Uhr bis 15 Uhr gemessen. Es wurde darauf geachtet, dass die Messreihen so identisch wie möglich wiederholt wurden. Die Sonne stand im Mai um 12:50 Uhr, im Juli um 13:00 Uhr und im August um 12:59 Uhr am höchsten. (15)

Die UV-Transmission, der UV-Schutzfaktor und der UPF von Kleidung werden mit folgenden Formeln berechnet:

$$UV - Transmission = \frac{E \text{ mit Strumpfhose}}{E \text{ ohne Strumpfhose}}$$

$$UV - Schutzfaktor = \frac{E \text{ ohne Strumpfhose}}{E \text{ mit Strumpfhose}}$$

$$UV - Schutzfaktor = \frac{1}{UV-Transmission}$$

$$UPF = \frac{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta_{\lambda}}{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot T_{\lambda} \cdot \Delta_{\lambda}}$$

E = Bestrahlungsstärke in W/m<sup>2</sup>

S<sub>λ</sub> = Erythemwirkungsspektrum gemäß CIE

E<sub>λ</sub> = spektrale Bestrahlungsstärke W / (m<sup>2</sup> nm)

λ = Wellenlänge in nm

T<sub>λ</sub> = spektrale Transmission der Probe

Δλ = Bandenbreite in nm

## 2.1. Strumpfhosen

Gemessen wurde die Transmission der UV-Strahlung an handelsüblichen Damenstrumpfhosen in den Stärken 7 bis 40 DENIER (DEN). DEN ist das Standardmaß für die Garnstärke. Diese Größe ist definiert als das Gewicht in Gramm eines Garns mit 9 000 m Faserlänge. (3) Verwendet wurden Strumpfhosen in den Farben Champagner (Hautfarben), Schwarz und Weiß (Marken; Glamour, Move Up, Lores und Falke) wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Um die Daten vergleichsweise messen zu können, wurde auf eine Gewebezusammensetzung mit rund 80 % Polyamid und 20 % Elasthan geachtet.

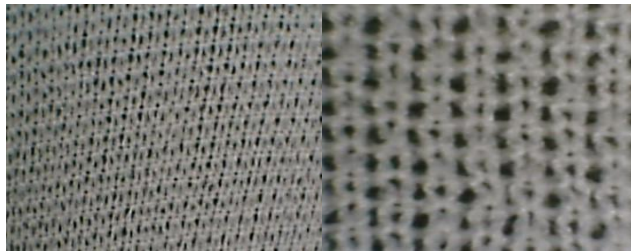


Abb. 1: Strumpfhose 30 DEN nicht gedehnt (links), gedehnt (rechts)

Für die Ermittlung der UV-Strahlung wurden 10 SunSaver verwendet. SunSaver sind spezielle elektronische personal ultraviolet radiation (UVR) Dosimeter die zeitgestempelte UVR-Dosis in Standard-Erythem-Dosis (SED), wie in Abbildung 2 zu sehen, messen. (06) Getragen wurden die UVR-Dosimeter, wie in Abbildung 3 zu sehen, jeweils links und rechts an den Stellen, Rist (Höhe 11 cm), Schienbein (Höhe 29 cm), Wade (Höhe 26.5 cm), Knie (Höhe 43,5 cm) und Oberschenkel (Höhe 65 cm) bei einer Bund Höhe 95 cm (gemessen vom Boden bis zum Bauchnabel, bei einer Körpergröße von 175 cm).



Abb. 2: SunSaver, elektronisches UVR - Dosimeter, direkt Aufsicht (links), seitliche Aufsicht (rechts)

Abbildung 2 zeigt einen UVR-Dosimeter der Marke SunSaver, mitentwickelt von Jakob Heydenreich, direkt Ansicht auf Sensor (links), seitliche Ansicht mit Datenkabel (rechts).

## 2.2. Befestigung

### 2.2.1. Versuch 1

Für die Fixierung wurden im ersten Versuch 15 cm lange hautfreundliche Klebestreifen der Marke 3M oberhalb und unterhalb des UV-Dosimeters verwendet, siehe Abbildung 3 (links). Diese waren jedoch zu elastisch. Dies gab den UV-Dosimetern in der Bewegung zu viel Spielraum und wenig halt, so dass die Messwerte nicht eindeutig einer bestimmten Bewegung zugeordnet werden konnten.

### 2.2.2. Versuch 2

Wie die Abbildung 3 (rechts) zeigt wurden im zweiten Versuch die UV-Dosimeter mittels einem wenig elastischen Band, welches straff in den jeweiligen Positionen: Oberschenkel, Knie, Schienbein, Wade und Rist gebunden wurde, in ihrer Grundstellung gehalten.

Mit einem 10 cm x 10 cm großen Klebeverband der Marke Fixomull wurden die UV-Dosimeter so fixiert, dass nur die Sensoren nicht vom Klebeverband bedeckt waren. Wenn notwendig wurden die Dosimeter zusätzlich mit den hautfreundlichen Klebestreifen (3M) in die korrekte Position gebracht. Die Positionen und Ausrichtung waren am linken und rechten Bein so identisch wie möglich, um den Bewegungsspielraum zu minimieren.



Abb. 3: Fixierung mit Klebestreifen (links), Fixierung mit Klebeverband (rechts)

In Abbildung 3 (links) ist die Fixierung des ersten Versuches, mit einem 15 cm langen Klebestreifen oberhalb und unterhalb des Dosimeters, abgebildet. Zu erkennen ist, dass die Dosimeter des linken und rechten Beines nicht parallel zur Sonne stehen.

Auf Abbildung 3 (rechts) ist eindeutig zu erkennen, dass die Fixierung im zweiten Versuch mit dem Klebeverband, parallel zu Sonne steht und starrer erscheint.

### **2.3. Messablauf**

Vor jeder Messreihe wurde ein Dunkelabgleich von mindestens 10 Sek, zur Sicherstellung der Erkennung des Bewegungsstartes gemacht. Eine Messreihe bestand jeweils aus 60 Sek in verschiedenen natürlichen Körperhaltungen direkt in die Sonne gerichtet. Diese waren Sitzen, Gehen und im Kreis gehen. Vor jeder Änderung der Körperhaltung wurde wiederum ein Dunkelabgleich gemacht, um die Messdaten identifizieren zu können. Jeder Strumpf wurde auf dem linken Bein über die Sensoren gezogen. Mit einer Digitalen Lupe (Reflecta; Vergrößerung – 1,5 bis 10 Fach; Auflösung 640x480 Pixel) wurde die Spannung des Gewebes direkt über dem Sensor kontrolliert und minimiert. Durch die genaue Kontrolle war es möglich die Transmission der UV-Strahlung durch die Strumpfhose abhängig von der jeweiligen Dehnung genau zu messen. Parallel zu dem linken durch die Strumpfhose bedeckten Bein waren die UV-Dosimeter am rechten Bein unbedeckt.

### 3. Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die UV-Transimission sowie der UV-Schutzfaktor an ausgewählten, handelsüblichen, in Österreich lieferbaren Strumpfhosen im Jahr 2023 quantitativ gemessen. Die Ergebnisse werden unterteilt in:

3.1 Ergebnisse UV-Transimission und UV-Schutzfaktor im Sitzen anhand verschiedener DEN,

3.2 Ergebnisse der UV-Transmission und UV-Schutzfaktor in verschiedenen Farben in 20 DEN

3.3. Ergebnisse der UV-Transmission UV-Schutzfaktor in verschiedener Bewegungen in 20 DEN

Die ausgewerteteten Ergebnisse werden in den folgenden Abbildungen 4-13 dargestellt und erläutert. Alle Messwerte sind Mittelwerte der gemessenen Zeit in Minuten.

Die Boxplots stellen das untere Quartil (Minimumwert zur Box) und das obere Quartil (Box zum Maximumwert) dar. In diesen Quratilen befinden sich der Median (horizontaler Strich und der Mittelwert (Kreuz). Oberhalb bzw. unterhalb davon sind der Minimum- und Maximumwert (aufrechtes sowie verkehrtes T), sowie „Ausreißer“ (farbiger Punkt) zu finden. Zwischen den Quartilen liegt der Quartilsabstand, hier befinden sich jene 50% der Messwerte die nicht im unteren bzw oberen Quartil liegen.“ Ausreißer“ sind Werte die mindestens das 1,5 fache größer bzw. kleiner als das Maximum bzw. das Minimum sind.

### 3.1. Ergebnisse UV-Transmission und UV-Schutzfaktor im Sitzen anhand verschiedener DEN in Champagner

In den Abbildungen 4-8 sind die Ergebnisse unterschiedlicher UV-Transmissionen im Vergleich zum UV-Schutzfaktor in den DEN-Stufen 7, 10, 20, 30 und 40, in der Farbe Champagner, in der Körperhaltung Sitzen dargestellt. Die Diagramme sind bei den Abbildungen der UV-Transmission mit einer einheitenlosen Skala von 0,000 bis 1,800 in einem Abstand von 0,200 Schritten skaliert. Die Diagramme des UV-Schutzfaktor sind mit einer einheitenlosen Skala von 0,000 bis maximal 4,500 in einem Abstand von 0,500 Schritten skaliert. Im Rahmen des Vergleiches der UV-Transmission mit UV-Schutzfaktor war aufgrund mathematischer Grundlage (siehe Berechnungen Seite 4 Material und Methodik) zu erwarten, dass bei niedrigen UV-Transmissionswerten höhere UV-Schutzfaktorwerte messbar sind. Dieses ist eingetroffen und in den Abbildungen 4 bis 8 dargestellt.

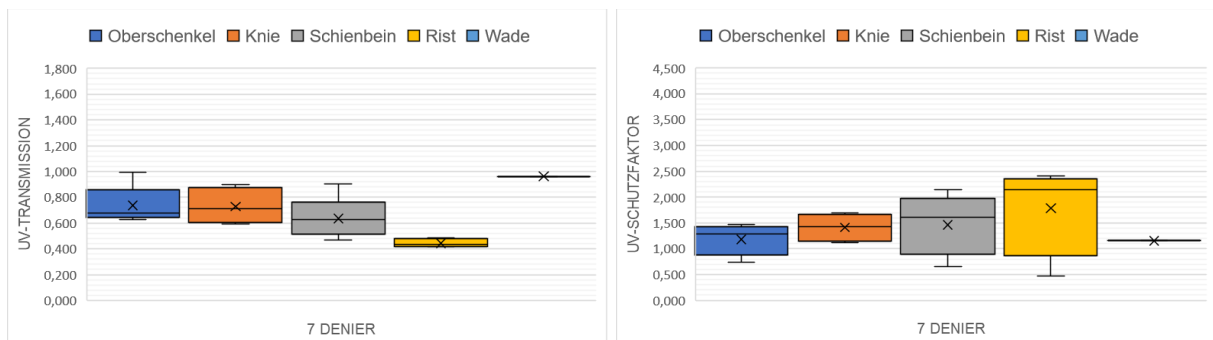


Abb. 4: DEN7, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV-Schutzfaktor (rechts)

In Abbildung 4 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 7 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,443 und 0,962 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,033$  bis  $\pm 0,162$ . Die Messung am Rist zeigt die niedrigste UV-Transmission, die am Oberschenkel, die höchste. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

In Abbildung 4 (rechts) ist der UV-Schutzfaktor dieser Strumpfhose der Stärke 7 DEN in Champagner abgebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen 1,179 bis 1,786 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,271$  bis  $\pm 0,892$ . Die Messung am Rist ergibt den höchsten und den niedrigsten Wert. Analog zu oben deuten Werte des UV-Schutzfaktors die größer als 1 sind auf Messfehler hin.

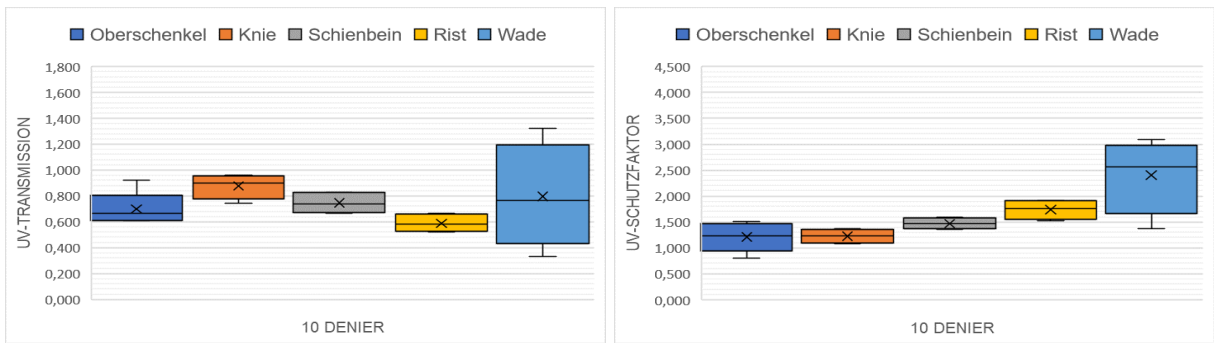


Abb. 5: 10 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV-Schutzfaktor (rechts)

In Abbildung 5 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 10 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,589 und 0,877 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,075$  bis  $\pm 0,407$ . Die Messung an der Wade zeigt die niedrigste und die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

In Abbildung 5 (rechts) ist der UV-Schutzfaktor dieser Strumpfhose der Stärke 10 DEN in Champagner abgebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen 1,215 bis 2,401 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,105$  bis  $\pm 0,729$ . Die Messung an der Wade ergibt den höchsten Wert der UV-Transmission, die am Oberschenkel den niedrigsten Wert. Analog zu oben deuten Werte des UV-Schutzfaktors die größer als 1 sind auf Messfehler hin.

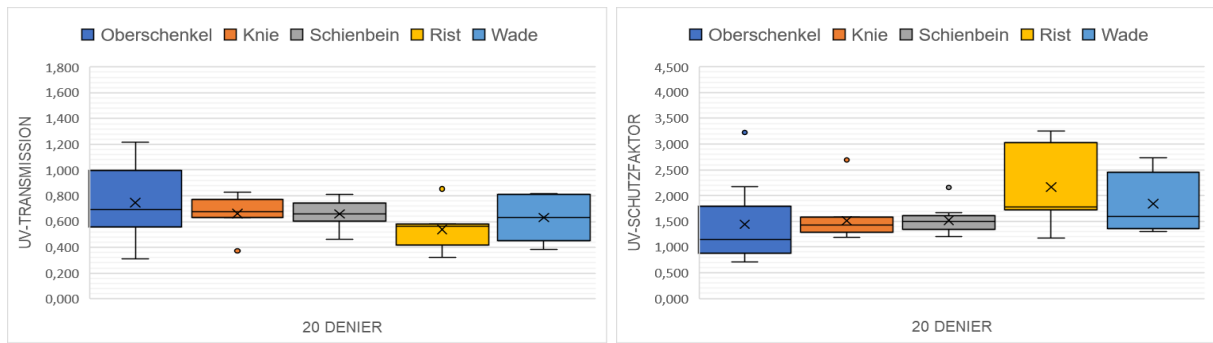


Abb. 6: 20 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV- Schutzfaktor (rechts)

In Abbildung 6 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,538 und 0,748 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,100$  bis  $\pm 0,288$ . Die Messung am Oberschenkel zeigt die niedrigste und die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten. Zu erkennen sind ein Ausreißer am Knie, der mit dem Wert 0,371 deutlich unterhalb den anderen Werten und ein Ausreißer am Rist, der mit dem Wert 0,854 deutlich oberhalb den anderen Werten liegt.

In Abbildung 6 (rechts) ist der UV-Schutzfaktor dieser Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Champagner abgebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen 1,444 bis 2,166 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,269$  bis  $\pm 0,746$ . Die Messung am Oberschenkel ergibt den niedrigsten Wert, die am Rist den höchsten und Wert. Zu erkennen sind jeweils ein Ausreißer am Oberschenkel, am Knie, und am Schienbein die mit den Werten 3,228, 2,694 und 2,155 deutlich unterhalb den anderen Werten liegen. Analog zu oben deuten Werte des UV-Schutzfaktors die größer als 1 sind auf Messfehler hin



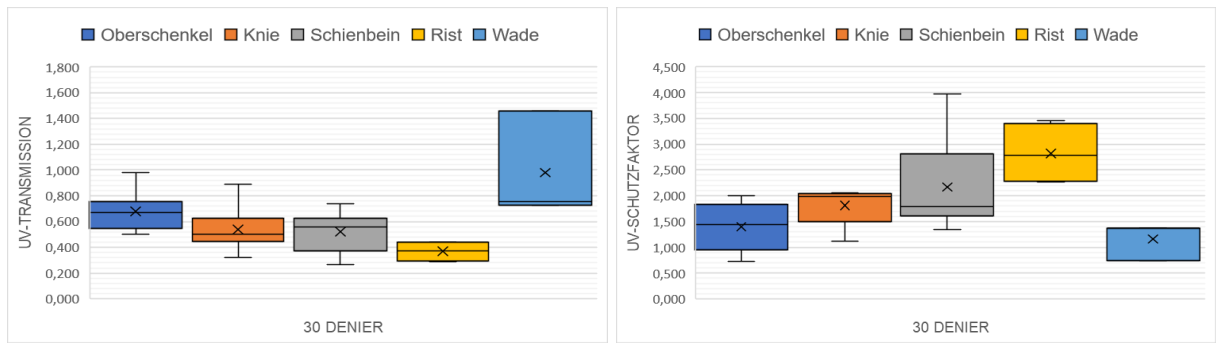


Abb. 7:30 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV- Schutzfaktor (rechts)

In Abbildung 7 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 30 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,369 und 0,980 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,082$  bis  $\pm 0,413$ . Die Messung am Schienbein zeigt die niedrigste und die an der Wade die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

In Abbildung 7 (rechts) ist der UV-Schutzfaktor dieser Strumpfhose der Stärke 30 DEN in Champagner abgebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen 1,164 bis 2,819 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,364$  bis  $\pm 0,951$ . Die Messung am Oberschenkel ergibt den niedrigsten Wert, die am Schienbein den höchsten. Analog zu oben deuten Werte des UV-Schutzfaktors die größer als 1 sind auf Messfehler

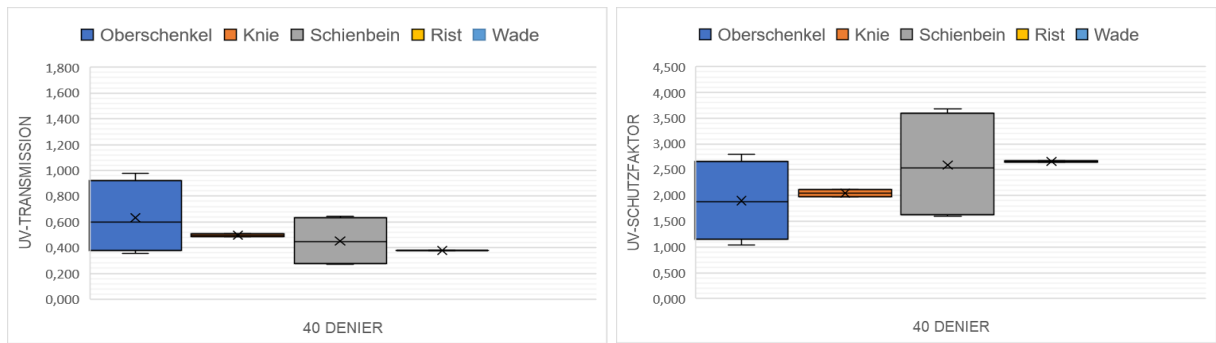


Abb. 8:40 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV- Schutzfaktor (rechts)

In Abbildung 8 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 40 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,379 und 0,632 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,004$  bis  $\pm 0,284$ . Die Messung am Schienbein zeigt die niedrigste und die am Oberschenkel die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

In Abbildung 8 (rechts) ist der UV-Schutzfaktor dieser Strumpfhose der Stärke 40 DEN in Champagner abgebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen 1,899 bis 2,659 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,024$  bis  $\pm 1,095$ . Die Messung am Oberschenkel ergibt den niedrigsten Wert, die am Schienbein den höchsten. Analog zu oben deuten Werte des UV-Schutzfaktors die größer als 1 sind auf Messfehler. Die Messwerte der Messreihen im Sitzen zeigen ab DEN 30 und höher deutlich niedrigere Werte in den Mittelwerten der UV-Transmission und des UV-Schutzfaktors. Allgemein geht der Trend von 7 DEN zu 40 bei UV-Transmission nach unten und steigt beim UV-Schutzfaktor.

### Transmission und UV-Schutzfaktor in Abhängigkeit der Stärke DENIER

In den Abbildungen 9 (links) und (rechts) ist die UV-Transmission und der UV-Schutzfaktor in direkter Abhängigkeit der Stärke (DEN) in der Farbe Champagner dargestellt. Die Diagramme sind bei den Abbildungen der UV-Transmission mit einer einheitenlosen Skala von 0,000 bis 1,000 in einem Abstand von 0,100 Schritten skaliert. Die Diagramme des UV-Schutzfaktor sind mit einer einheitenlosen Skala von 0,000 bis maximal 3,000 in einem Abstand von 0,500 Schritten skaliert.

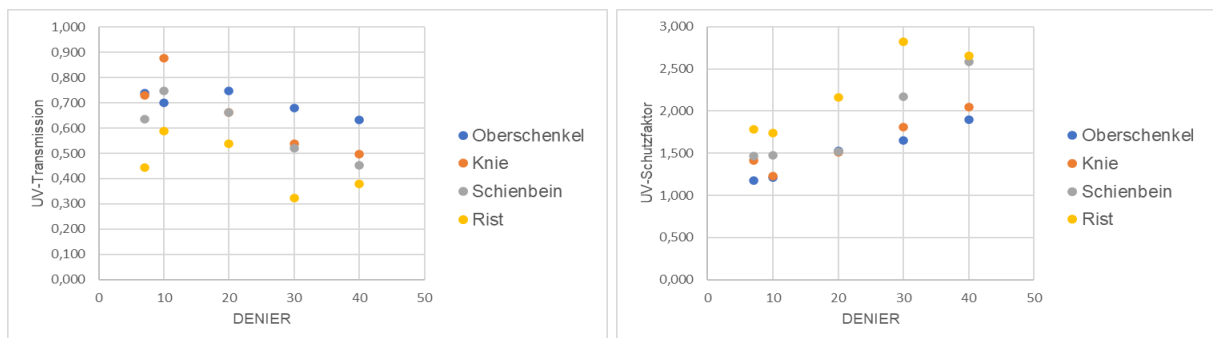


Abb. 9: 7 bis 40DEN, Sitzen, UV-Transmission Champagner (links), UV-Schutzfaktor (rechts)

In Abbildung 9 (links) ist die UV-Transmission von Strumpfhosen der Stärken 7 DEN bis 40 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,454 und 0,699 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,047$  bis  $\pm 0,153$ . Die Messung am Knie zeigt bei 10 DEN die höchste und die am Rist bei 30 DEN die niedrigste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

In Abbildung 9 (rechts) ist der UV-Schutzfaktor dieser Strumpfhosen der Stärken 7 DEN bis 40 DEN in Champagner abgebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen 1,494 bis 2,233 mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,302$  bis  $\pm 0,512$ . Die Messung am Oberschenkel ergibt bei 10 DEN, den niedrigsten Wert, die am Rist bei 30 DEN den höchsten. Analog zu oben deuten Werte des UV-Schutzfaktors die größer als 1 sind auf Messfehler hin. Die Messwerte der Messreihen im Sitzen zeigen ab DEN 30 und höher deutlich niedrigere Werte in den Mittelwerten der UV-Transmission.

### 3.2. Ergebnisse der UV-Transmission im Vergleich mit verschiedenen Farben in 20 DEN

In Abbildung 10 sind die Ergebnisse unterschiedlicher UV-Transmissionen in der DEN Stufe 20 in den Farben Champagner, Weiß sowie Schwarz dargestellt. Die Diagramme sind bei den Abbildungen der UV-Transmission mit einer einheitenlosen Skala von 0,000 bis 1,800 in einem Abstand von 0,200 Schritten skaliert. Da die Anzahl der Messwerte bei der Stärke 20 DEN von der Stichprobenanzahl am aussagekräftigsten ist, wird in den folgenden Abbildungen der Farbvergleich innerhalb von DEN 20 beispielhaft dargestellt.

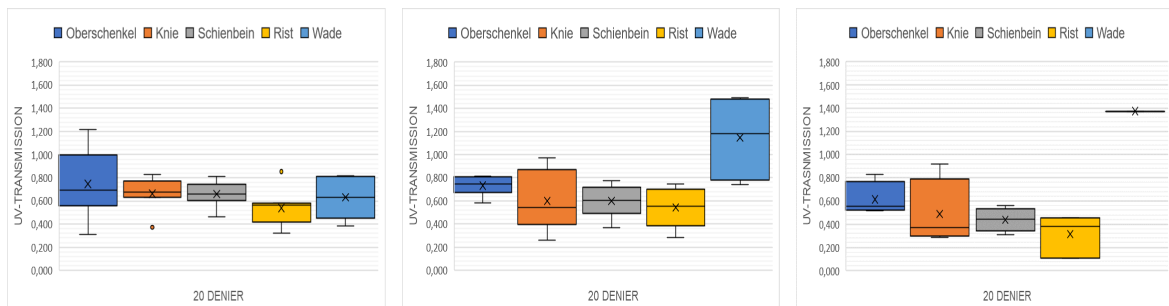


Abb. 10: 20 DEN, Sitzen, UV-Transmission: Champagner (links), Weiß (mitte) und Schwarz (rechts)

In Abbildung 10 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Champagner dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,538 und 0,748 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,100$  bis  $\pm 0,288$ . Die Messung am Oberschenkel zeigt die niedrigste und die höchste UV-Transmission. Zu erkennen sind ein Ausreißer am Knie, der mit dem Wert 0,371 deutlich unterhalb den anderen Werten und einer am Rist, der mit dem Wert 0,854 deutlich oberhalb den anderen Werten liegt.

In Abbildung 10 (mitte) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Weiß dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,543 und 1,147 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,085$  bis  $\pm 0,383$ . Die Messung an Knie zeigt die niedrigste und die an der Wade die höchste UV-Transmission.

In Abbildung 10 (rechts) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Schwarz dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,315 und 1,374 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,103$  bis  $\pm 0,290$ . Die Messung am Rist zeigt die niedrigste und die an der Wade die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

### 3.3. Ergebnisse der UV-Transmission im Vergleich in den Bewegungen Sitzen und Gehen in 20 DEN

In den Abbildungen 11-13 sind die Ergebnisse unterschiedlicher UV-Transmissionen im Bewegungsvergleich (Sitzen/Gehen), der Stärke 20 DEN in den Farben Champagner, Weiß und Schwarz, dargestellt. Die Diagramme sind bei den Abbildungen der UV-Transmission (Sitzen) mit einer einheitenlosen Skala von 0,000 bis 1,800 in einem Abstand von 0,200 Schritten skaliert. Die Diagramme der UV-Transmission in der Bewegung Gehen (zur Sonne und gegen die Sonne) sind mit einer einheitenlosen Skala von -0,500 bis maximal 4,000 in einem Abstand von 0,500 Schritten skaliert.

Im Rahmen des Vergleiches UV-Transmission Sitzen versus Gehen ist die Stärke 20 DEN repräsentativ zur Darstellung gewählt worden, da bei dieser Stärke die meisten Daten zur Verfügung stehen.

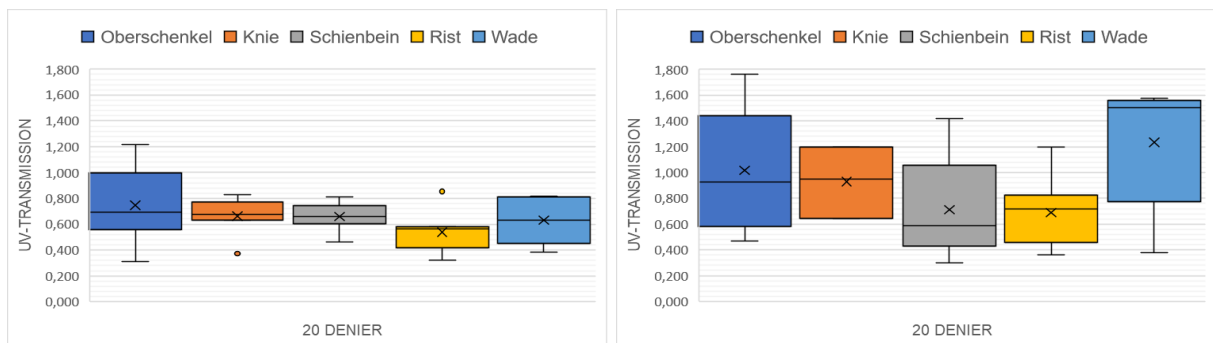


Abb. 11: 20 DEN, Champagner, UV-Transmission: im Sitzen (links), im Gehen (rechts)

In Abbildung 11 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Champagner in der Bewegung Sitzen dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,538 und 0,748 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,100$  bis  $\pm 0,288$ . Die Messung am Oberschenkel zeigt die niedrigste und die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten. Zu erkennen sind ein Ausreißer am Knie, der mit dem Wert 0,371 deutlich unterhalb den anderen Werten und ein Ausreißer am Rist, der mit dem Wert 0,854 deutlich oberhalb den anderen Werten liegt.

In Abbildung 11 (rechts) ist die UV-Transmission dieser Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Champagner in der Bewegung Gehen dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,688 und 1,235 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,255$  bis  $\pm 0,506$ . Die Messung am Schienbein zeigt die niedrigste und die am Oberschenkel die höchste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

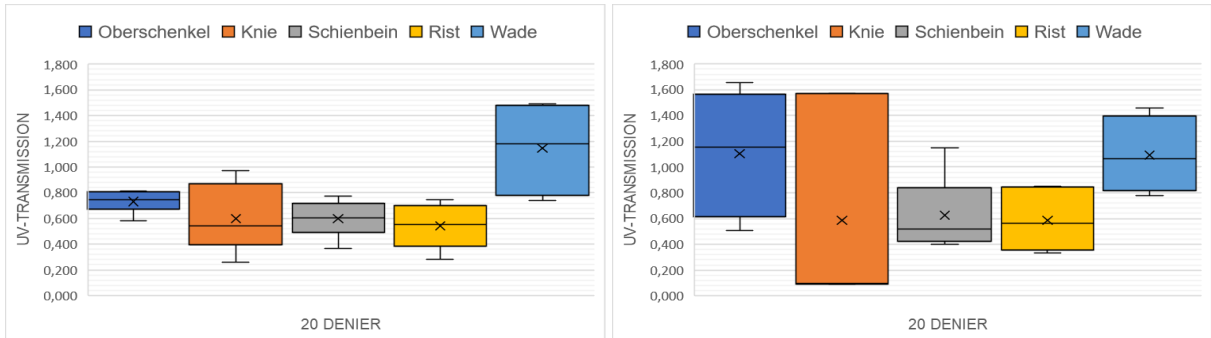


Abb. 12: 20 DEN, Weiß, UV-Transmission: im Sitzen (links), im Gehen (rechts)

In Abbildung 12 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Weiß in der Bewegung Sitzen dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,543 und 1,147 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,085$  bis  $\pm 0,383$ . Die Messung an Knie zeigt die niedrigste und die an der Wade die höchste UV-Transmission.

In Abbildung 12 (rechts) ist die UV-Transmission dieser Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Weiß in der Bewegung Gehen dargestellt. Die Mittelwerte sind von 0,587 bis 1,345 und einer Standardabweichung von  $\pm 0,234$  bis  $\pm 0,854$ . Die Messung am Oberschenkel zeigt die höchsten, die an Knie die niedrigsten UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten.

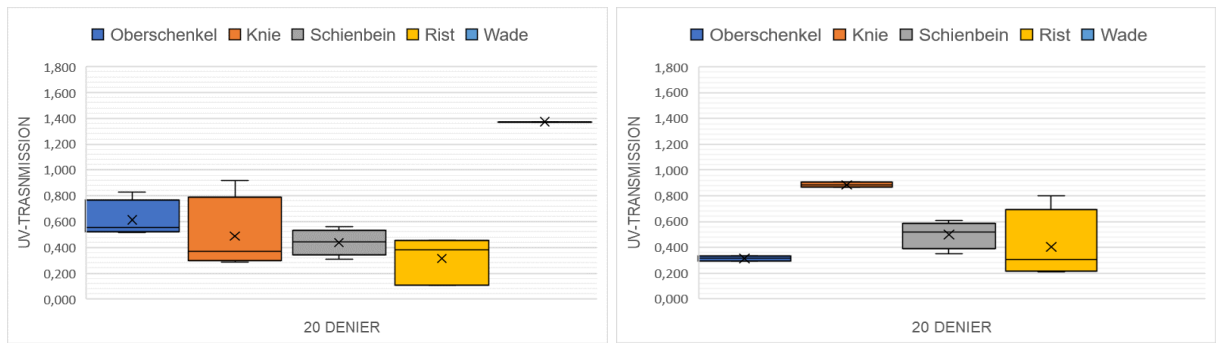


Abb. 13: 20 DEN, Schwarz, UV-Transmission: im Sitzen (links), im Gehen (rechts)

In Abbildung 13 (links) ist die UV-Transmission einer Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Schwarz in der Bewegung Sitzen dargestellt. Die Mittelwerte liegen zwischen 0,315 und 1,374 mit einer Standardabweichung im Bereich vom  $\pm 0,103$  bis  $\pm 0,290$ . Die Messung am Rist zeigt die niedrigste und die an der Wade die höchste UV-Transmission.

In Abbildung 13 (rechts) ist die UV-Transmission dieser Strumpfhose der Stärke 20 DEN in Schwarz in der Bewegung Gehen dargestellt. Die Mittelwerte sind von 0,315 bis 0,885 und einer Standardabweichung von  $\pm 0,026$  bis  $\pm 0,275$ . Die Messung am Knie zeigt die höchsten und am Rist die niedrigste UV-Transmission. Die Werte der UV-Transmission sollten einen Wert von 1,0 nicht überschreiten. In der Bewegung Gehen war die Wade mit einem Minimalwert von 2,075 weit über der hier angeführten Skala.

Die UV-Transmission in der Bewegung Gehen ist in allen drei getesteten Farben gegenüber der Bewegung Sitzen erhöht.

#### 4. Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht einen standardisierten Messablauf für die Ermittlung der UV-Transmission an den Körperstellen: Oberschenkel, Knie, Schienbein, Rist und Wade zu entwickeln. Gemessen wurde die UV-Transmission in handelsüblichen Damenstrumpfhosen, in den Farben Champagner, Weiß und Schwarz, mit einem Personendosimeter der Marke SunSaver gemessen. Die Messreihen fanden in den Bewegungen direkt zu Sonne sitzend und in der Sonne auf und ab gehend im Bezirk Bruck an der Leitha, statt. In Bewegung verändern sich sowohl Dehnung des Materials als auch Position der Sensoren und dadurch die gemessene UV-Transmission.

Man erkannte eine Abnahme der gemessenen UV-Transmission mit zunehmender Stärke (DEN) des Materials. In vergleichenden Messreihen der Farben miteinander, ist deutlich zusehen, dass Damenstrumpfhosen in der Farbe Schwarz einen höheren UV-Schutzfaktor haben. In unseren Messreihen hat die Farbe Weiß die höchste UV-Transmission. Anhand der Messreihen ist davon auszugehen, dass hellere Farben einen geringeren UV-Schutzfaktor aufweisen. Die Messreihen der Bewegung Gehen, sowohl zur Sonne als auch von der Sonne weg, geben aufgrund vieler Faktoren, wie die Dehnung der Strumpfhose, keine eindeutige Aussagen über die UV-Transmission und den damit verbundenen UV-Schutzfaktor.

Der UV-Schutzfaktor von Kleidungen wurde bislang nur im Labor und in Ruhe gemessen, daher können wir in unserer Arbeit keine direkt vergleichbaren Schlüssen ziehen.

Faktoren wie Dehnung (Körperform, Passform, Körperhaltung der tragenden Personen), Farbe, Material sowie die Bewegung, haben unterschiedliche Auswirkungen auf die UV-Schutzfaktor. Auch die Körperpositionen sind ein sehr wichtiger Faktor, denn wie sich hier gezeigt hat, sind die Körperstellen Oberschenkel und Knie am kritischsten zu betrachten. Es wäre jedoch möglich ein Schutzfaktorminimum (75 Quartil) unter Berücksichtigung der realen Körpermaße zu bestimmen. In jedem Fall sollten durchsichtige Strumpfhosen nicht als wirksames Schutzgewebe angesehen werden, um die jährlich zunehmenden Fälle an Melanombildung zu reduzieren.(13)

Mit der Methode zur Bestimmung des UV-Sonnenschutzfaktor von Netzgeweben in situ kann man den Messablauf der UV-Transmission verschiedener Materialien vergleichend standardisieren.



## 5. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Strumpfhose 30 DEN nicht gedehnt (links), gedehnt (rechts) .....	5
Abb. 2: SunSaver, elektronisches UVR - Dosimeter, direkt Aufsicht (links), seitliche Aufsicht (rechts).....	5
Abb. 3: Fixierung mit Klebestreifen (links), Fixierung mit Klebeverband (rechts) .....	6
Abb. 4: DEN7 , Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV-Schutzfaktor (rechts) .....	9
Abb. 6: 10 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV-Schutzfaktor (rechts) ..	10
Abb. 7: 20 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV- Schutzfaktor (rechts) ..	11
Abb. 8:30 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV- Schutzfaktor (rechts) ..	12
Abb. 9:40 DEN, Champagner, Sitzen, UV-Transmission (links), UV- Schutzfaktor (rechts) ..	13
Abb. 10: 7 bis 40DEN, Sitzen, UV-Transmission Champagner (links), UV-Schutzfaktor (rechts) .....	14
Abb. 11: 20 DEN, Sitzen, UV-Transmission: Champagner (links), Weiß (mitte) und Schwarz (rechts).....	15
Abb. 12: 20 DEN, Champagner, UV -Transmission: im Sitzen (links), im Gehen (rechts).....	16
Abb. 13: 20 DEN, Weiß, UV-Transmission: im Sitzen (links), im Gehen (rechts).....	17
Abb. 14: 20 DEN, Schwarz, UV-Transmission: im Sitzen (links), im Gehen (rechts) .....	18

## 6. Literaturverzeichnis

1. A.V. Parisi, M.G. Kimlin, L.R. Meldrum and C.M. Relf. Field measurements on protection by stockings from solar erythemal ultraviolet radiation. *Oxford Journals* 1. October.1999 [Stand: 16.01.2024]:69–72.
2. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. The Ultraviolet Protection Factor (UPF) Rating System: Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency.
3. Gambichler T, Avermaete A, Bader A, Altmeyer P, Hoffmann K. Ultraviolet protection by summer textiles. Ultraviolet transmission measurements verified by determination of the minimal erythema dose with solar-simulated radiation. *Br J Dermatol*:484–9.
4. Gambichler T, Laperre J, Hoffmann K. The European standard for sun-protective clothing: EN 13758. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2006; 20(2):125–30. Doi: 10.1111/j.1468-3083.2006.01401. x.
5. Hatch KL. American standards for UV-protective textiles. *Recent Results Cancer Res* 2002; 160:42–7. Doi: 10.1007/978-3-642-59410-6\_6.
6. Heydenreich J, Wulf HC. Personal electronic UVR dosimeter measurements: specific and general uncertainties. *Photochem Photobiol Sci*:1461–70.
7. Kimlin MG, Parisi AV, Meldrum LR. Effect of stretch on the ultraviolet spectral transmission of one type of commonly used clothing. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*:171–4.
8. McDonald KA, Lytvyn Y, Mufti A, Chan A-W, Rosen CF. Review on photoprotection: a clinician's guide to the ingredients, characteristics, adverse effects, and disease-specific benefits of chemical and physical sunscreen compounds. *Arch Dermatol Res* 2023; 315(4):735–49. Doi: 10.1007/s00403-022-02483-4.
9. Milich KA, Griffin CE, Dong C. Comparison of three canine nose guards for reduction of ultraviolet (UVA and UVB) solar radiation. *Vet Dermatol*:64–9.
10. Miyamoto D, Gordilho JO, Santi CG, Porro AM. Epidermolysis bullosa acquisita. *An Bras Dermatol* 2022; 97(4):409–23. Doi: 10.1016/j.abd.2021.09.010.
11. Norgauer J, Idzko M, Panther E, Hellstern O, Herouy Y. Xeroderma pigmentosum. *Eur J Dermatol* 2003; 13(1):4–9.
12. Sinclair SA, Diffey BL. Sun protection provided by ladies stockings. *Br J Dermatol*:239–41.
13. Tarbuk A, Grancarić AM, Situm M, Martinis M. UV clothing and skin cancer. *Coll Antropol*:179–83.
14. Valentine R, Moseley H. A quantitative assessment of ultraviolet radiation transmission through compression socks. *Br J Dermatol*:1445–7.
15. <https://www.sonnenverlauf.de>

## **7. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Mag.rer.nat. Dr.nat.techn. Alois Schmalwieser und Ao.Univ.Prof. Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Phillip Weihs betreut und begutachtet haben.

Ich bedanke mich bei Herrn M. Sc. EE. Jakob Heydenreich für die Bereitstellung der elektronischen UVR-Dosimeter.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und meinem Ehemann bedanken, die immer ein offenes Ohr für mich hatten.