

Laserschutzhandschuhe nach neuem Prüfgrundsatz

Dr. Thomas Fröhlich
LASERVISION GmbH & Co. KG
www.uvex-laservision.de

Einleitung

Laserschutztexilien sind laut BGV B2 beim Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3B und 4 verpflichtend zu tragen. Für Betreiber von Laseranlagen stellt sich hierbei allerdings das Problem, dass es keine Laserschutztexilien in Europa gibt. Schutzkleidung und Schutzhandschuhe sind für viele unterschiedliche Anwendungen erhältlich, aber nicht als Schutz gegen Laserstrahlung. Der Grund hierfür ist das Fehlen einer Norm, welche die Prüfung von Laserschutztexilien oder Handschuhen regelt. Um diesem Dilemma zu begegnen, wurde von LASERVISION zusammen mit dem STFI ein Prüfgrundsatz entwickelt, um Schutzkleidung für Laserschutztexilien zu prüfen und speziell für diesen Einsatz anbieten zu können.

Gefahr von Laserstrahlung für die Haut

Viele verbinden mit dem Thema Schutz vor Laserstrahlung lediglich Augenschutz. Wenn man sich die Auswirkung eines Lasertreffers im Auge betrachtet – eine vollständige Erblindung des betroffenen Auges – dann ist dies mit Sicherheit auch nachvollziehbar. Trotzdem ist die Haut bei der direkten Bestrahlung ebenfalls gefährdet und gerade beim Betrieb von offenen Strahlquellen als Gefahrenpotenzial nicht zu vernachlässigen.

In Analogie zur Wechselwirkung von Laserstrahlung mit dem Auge, ist auch die Gefährdung der Haut vom Lasertyp abhängig. Sowohl der Einfluss von gepulster und nicht gepulster Strahlung, als auch die Wellenlänge, welche die Laserstrahlquelle emittiert, hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Haut. Die prinzipielle Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Materie ist immer Reflexion, Absorption, Transmission und Streuung. Dies ist beim Auftreffen von Licht auf menschliche Haut nicht anders. Allerdings ist das Verhältnis der unterschiedlichen Wechselwirkungsmechanismen von Hautschicht zu Hautschicht unterschiedlich.

Betrachten wir zunächst den Aufbau der Haut. Sie gliedert sich prinzipiell in

drei Hauptschichten, die Oberhaut (Epidermis), die Lederhaut (Dermis oder Corium) und die Unterhaut (Subcutis). Diese einzelnen Haupthautschichten können in weitere Hautebenen untergliedert werden. So gehören zur Epidermis die Hornhaut (Stratum corneum), an den Handinnenflächen und den Fußsohlen zusätzlich die Glanzschicht (Stratum lucidum), die Körnerzellenschicht (Stratum granulosum) und die Keimschicht (Stratum germinativum). An jeder dieser Hautschichten wird

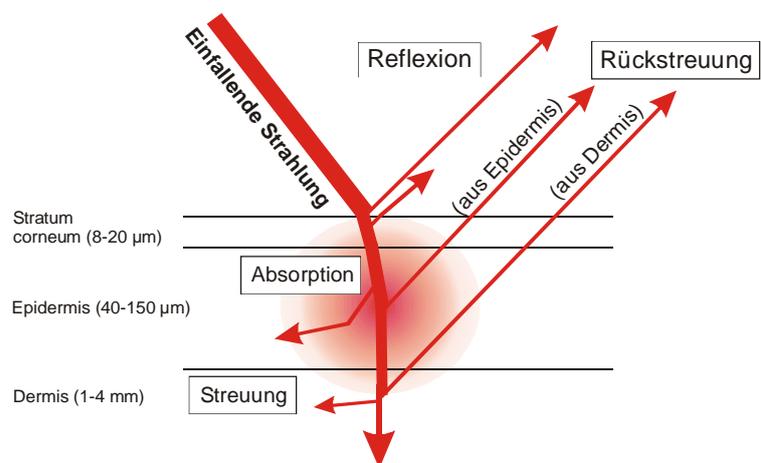


Bild 1: Lichtweg durch die Haut
Quelle: uvex academy – Kurs LSB1

elektromagnetische Strahlung entweder absorbiert, transmittiert, reflektiert oder gestreut (Bild 1) und je nach Wellenlänge verändern sich die Anteile an Transmission, Reflexion, Absorption und Streuung.

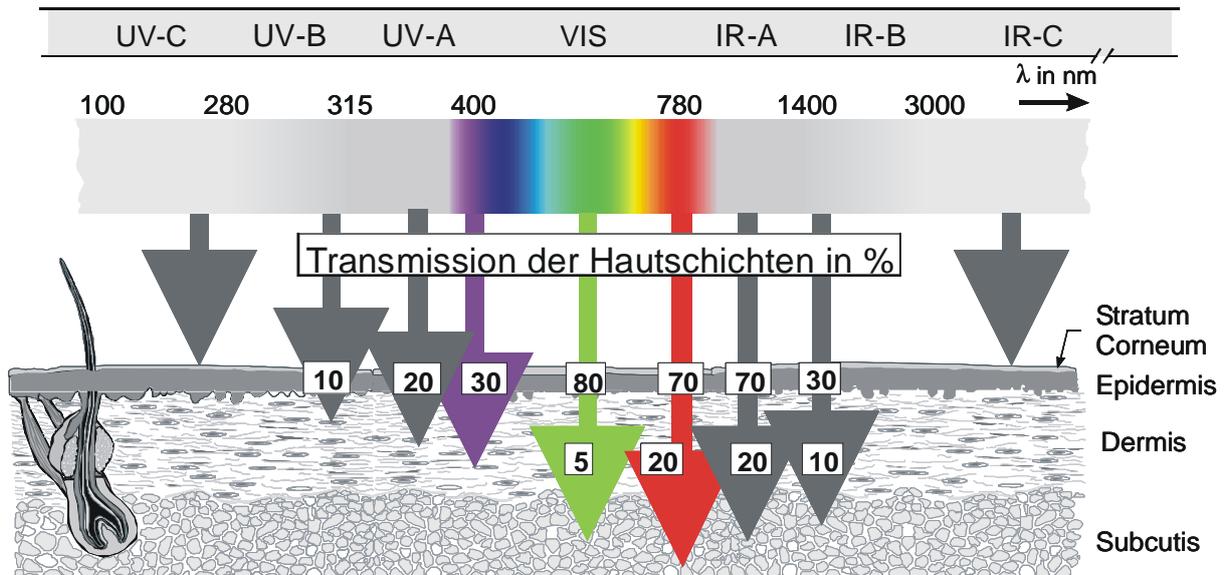


Bild 2: Wellenlängenabhängige Wechselwirkung von Laserstrahlung mit der Haut
Quelle: uvex academy – Kurs LSB1

In Bild 2 ist die Wellenlängenabhängigkeit der Transmission für die unterschiedlichen Hautschichten skizziert. Während im harten UV-Bereich und im fernen Infrarotbereich keine Transmission von Strahlung durch die Hornhaut stattfindet, ist dies für andere Wellenlängenbereiche nicht der Fall. Im nahen UV-Bereich (315 – 400 nm) dringen 10 % – 30 % der Strahlung durch die Epidermis und das Licht wird in der Dermis absorbiert. Dies ist der Wellenlängenbereich, in dem eine Dunklung und Vermehrung der Pigmentierung auftritt. Jeder kennt diesen Effekt vom Sonnenbaden oder vom Solarium. Die im UV-Bereich auftretende sehr energiereiche Strahlung führt zu photochemischen Prozessen, welche zu einer verstärkten Hautalterung und auch zu Hautkrebs führen können. Aber auch im sichtbaren Bereich führen photochemische Prozesse zu photosensitiven Reaktionen der Haut, wobei zwischen 70 % und 80 % der Strahlung bis in die Dermis transmittiert werden und weitere 20 % bis in die Subcutis gelangen. Ein ähnliches Verhalten zeigt sich auch im nahen Infrarotbereich. Eine Schädigung der Haut tritt vor allem durch die schnelle Erhitzung bis hin zur Verbrennung der Haut auf. Dabei sind Verbrennungen mit Temperaturen über 45 °C irreversibel (Bild 3). Gerade bei Strahlquellen, welche zum Schweißen und Schneiden Einsatz finden, ist eine

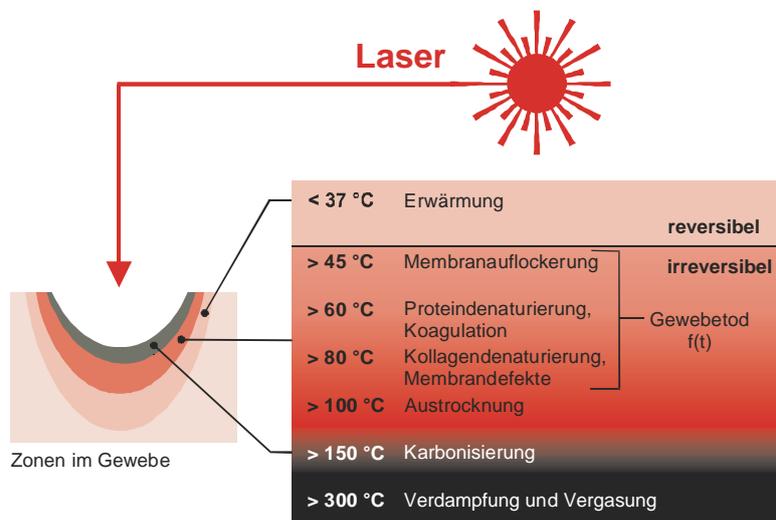


Bild 3: temperaturabhängige Schädigung von menschlichem Gewebe
Quelle: uvex academy – Kurs LSB1

Verbrennung von Gewebe die häufigste Unfallursache. Lediglich das Schadensbild ist unterschiedlich, da die Strahlung je nach Wellenlänge an unterschiedlichen Orten in der Haut absorbiert wird. In Bild 4 sind Fallbeispiele von bestrahlten Fingern zu sehen. Während Laserstrahlung von CO₂-Lasern oberflächlich absorbiert wird und zu einer Verbrennung führt, die von außen nach innen verläuft (Bild 4, oben), wird Strahlung im nahen Infrarotbereich in der Tiefe absorbiert und es entsteht eine Verbrennung, die unter der Haut liegt und von innen nach außen abheilen muss (Bild 4, unten).



Bild 4: Fallbeispiele –Laserbestrahlung von Fingern an CO₂ – und Scheibenlaser
 Quelle: Forschungsbericht F2117; Meier, Püster, Beier, Wenzel

Bei einer Bestrahlung der Haut mit Laserstrahlung kommt es durch die Absorption der Strahlung zu einer schnellen Erwärmung des Gewebes. Ist der Energieeintrag durch den Laser so schnell, dass man keine Zeit mehr hat, die Hand aus dem Strahlengang herauszubewegen bevor es zu einer Schädigung kommt, so sind irreversible Schäden das Resultat der Bestrahlung.

Prüfung und Schutzwirkung

Die Prüfung von Textilien als Laserschutzkleidung erfolgt auf der Basis von Forschungsarbeiten, die in Zusammenarbeit der BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) mit dem LZH (Laserzentrum Hannover) und dem STFI (Sächsisches Textilforschungsinstitut) erfolgt sind. Grundlage der Schutzwirkung von Laserschutztextilien ist die natürliche Schutzreaktion des Menschen, sich bei Schmerzempfinden reflexartig aus der Gefahrenzone herauszubewegen. Das bedeutet, dass die Erwärmung beim zufälligen Auftreffen von Laserstrahlung auf der Haut bemerkt wird und derjenige, der von der Laserstrahlung getroffen wird, sich aus dem Strahlengang zurückzieht.

Die Aufgabe von Laserschutztextilien ist es, die eingestrahlte Energie bei einem zufälligen Lasertreffer derart abzuleiten, dass dem Träger der Schutzkleidung genügend Zeit bleibt, um sich aus dem Strahlengang heraus zu bewegen, bevor bleibende Schäden entstehen.

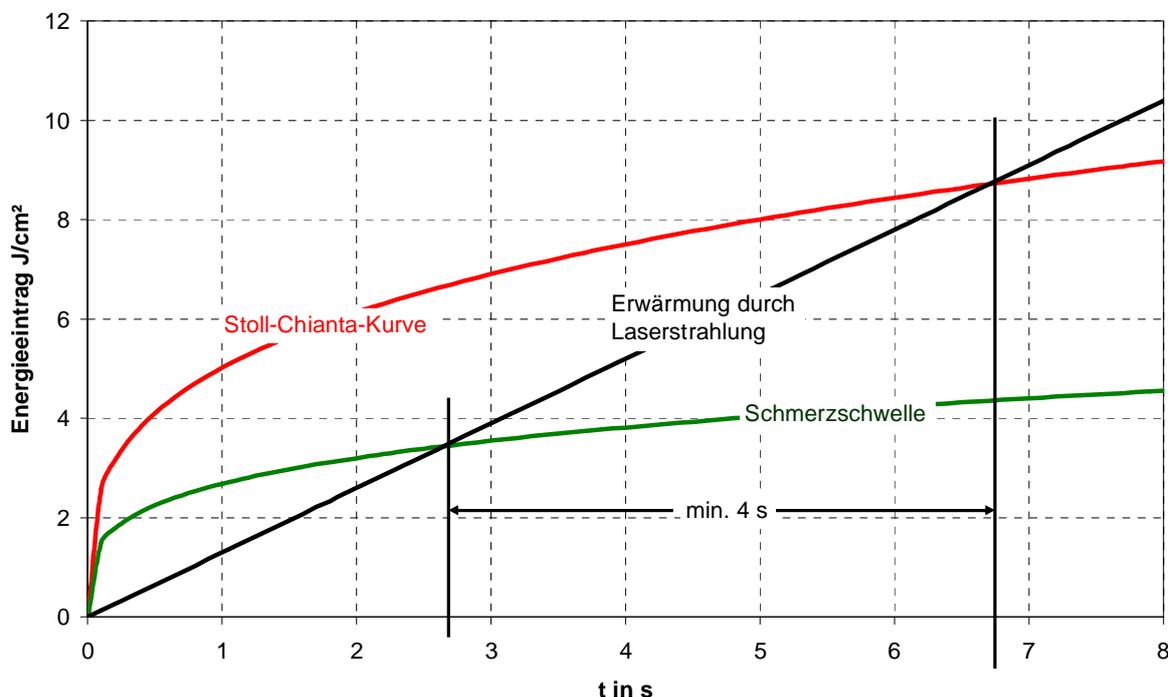


Bild 4: Typischer Verlauf bei der Prüfung von Laserschutztextilien

Zur Bewertung von Laserschutzkleidung werden zwei Energieschwellenwerte zu Grunde gelegt: Die Schmerzschwelle und die Schadensschwelle nach Stoll-Chianta. Beide Energieeinträge sind von der Zeit, in der die Energie deponiert wird, abhängig. Bewertet wird bei einem Laserbelastungstest, welcher Zeitraum zwischen Schmerzschwelle und Schadensschwelle bleibt. Diese Zeit darf vier Sekunden nicht unterschreiten – die Zeitspanne, die ein Träger der Schutzkleidung braucht, um zu reagieren (siehe Bild 4).

Geprüfte Produkte gegen Laserstrahlung

Basierend auf dem Wirkungsmechanismus von geprüften Textilien, dass der Träger der Kleidung aufgrund des Wärmeeintrages merkt, dass er von der Laserstrahlung getroffen wird, liegt der Schwerpunkt der Entwicklung derzeit auf Handschuhen und Armstulpen, da diese auf der nackten Haut getragen werden. Schutzkleidung, wie Mäntel oder Overalls, müssten in der Kombination mit dazugehöriger zertifizierter Unterwäsche getragen werden, ein Umstand, der schwer auf dem Markt durchsetzbar wäre. Auch die Unfallgefahr durch eine Strahlungsexposition der Hände ist am größten.

LASERVISION bietet seit der Laser-Messe 2009 Schutzhandschuhe an, die nach den



Bild 5: Laser Glove 1 (bis 60 kW/m²)
Laser Glove 3 (bis 260 kW/m²)

oben beschriebenen Kriterien geprüft wurden. Als geprüfte Produkte verfügbar sind derzeit die Handschuhe LASER GLOVE 1 und LASER GLOVE 3. Es handelt sich bei beiden Varianten um Strickhandschuhe, die gewährleisten, dass sich das Gewebe eng an die Haut anlegt, was für das Funktionieren der Schutzwirkung essentiell ist.

Zusammenfassung

Schutzkleidung ist nach BGV B2 verpflichtend zu tragen, allerdings war bisher keine Möglichkeit vorhanden Textilien im europäischen Raum anzubieten. Mit dem Erstellen eines Prüfgrundsatzes für Textilien gibt es nun auch Schutzhandschuhe für den Einsatz an offenen Laserstrahlengängen. Der neue Prüfgrundsatz bezieht die Reaktionszeit des Trägers mit ein. Die Schutzwirkung von Lasertextilien beruht nicht auf der Laserfestigkeit, sondern auf der Fähigkeit des Gewebes, die absorbierte Energie derart an die Haut weiterzuleiten, dass dem Träger der Textilie genügend Zeit bleibt sich aus der Gefahrenzone herauszubewegen. Schutztextilien müssen auf der nackten Haut getragen werden.