

**Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
der Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. Eisenmenger**

**Nachweis forensisch relevanter Spuren mit Hilfe der Lichtquelle  
Superlite 400**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Mark Patrick Vogel  
aus  
Frankfurt am Main  
im Jahr  
2008

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. W. Eisenmenger

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Peter Lohse  
Prof. Dr. Christoph Bräuchle  
Priv. Doz. Dr. Christos Haritoglou

Mitbetreuung durch die  
promovierten Mitarbeiter: PD Dr. K. Anslinger  
PD Dr. B. Rolf

Dekan: Prof. Dr. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 29.05.2008

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b><u>I. Zusammenfassung</u></b>	5
<b><u>II. Einleitung</u></b>	6
1 Allgemeines	5
2 Fragestellung und Zielsetzung	7
3 Spurenkunde	8
3.1 Definition	8
3.2 Aussehen von Spuren	7
3.2.1 Form	
3.2.1.1 Blutspuren	8
3.2.1.2 Sekretspuren	10
3.2.2 Farbe	10
3.2.3 Spurenräger	10
3.2.4 Veränderung durch äußere Einflüsse	11
3.2.5 Verwechslungen	11
3.3 Detektionsmethoden	12
3.3.1 Blutspuren	12
3.3.2 Spermaspuren	13
3.3.3 Speichelspuren	15
3.4 Biologische Grundlagen des DNA Nachweises	15
4 Textilkunde	17
4.1 Allgemeines	17
4.1.1 Einteilung	17
4.2 Eigenschaften der Textilien	17
4.3 Schlussfolgerungen für die Spurenbeschaffenheit	18
5 Optik	19
5.1 Charakteristika des Lichts	19
5.2 Elektromagnetisches Spektrum	19
5.3 Fluoreszenz	21
5.4 Optische Filter	22
5.5 Spektralphotometer	24
5.6 Lichtwellenleiter	25

	Seite
<b><u>III. Material und Methoden</u></b>	27
1 Verwendete Spuren	27
2 Untersuchte Materialien	27
3 Geräte	28
4 Methodik	28
4.1 Versuchsbeschreibungen	28
4.2 Versuchsaufbau	31
4.3 DNA Extraktion, Amplifikation und Detektion	32
<b><u>IV. Ergebnisse</u></b>	33
1 Versuch 1: Auffinden der Spuren auf verschiedenen Trägermaterialien	33
2 Versuch 2: Einfluss der Bestrahlung auf die DNA	34
3 Versuch 3: Vergleich der Superlite 400 mit Luminol	35
4 Versuch 4: Vergleich mit anderen Tatortlampen	36
5 Versuch 5: Fallbeispiele aus der Rechtsmedizin	37
<b><u>V. Diskussion</u></b>	39
1 Vergleich der Superlite 400 mit anderen Tatortlampen	39
2 Einfluss der Bestrahlung auf die DNA	43
3 Chemische Vortests	45
4 Schlussfolgerung	47
<b><u>VI. Anhang</u></b>	49
1 Inventarliste Spureenträger	50
2 Messprotokolle Filterspektren	51
3 Bildmaterial	57
<b><u>VII. Literaturverzeichnis</u></b>	67
<b><u>VIII. Danksagung</u></b>	72
<b><u>IX. Eidesstattliche Erklärung</u></b>	73
<b><u>X. Curriculum Vitae</u></b>	74

## I. Zusammenfassung

Das Auffinden von forensischen Spuren verschiedenster Größe ist sowohl in der Rechtsmedizin als auch bei der polizeilichen Tatortarbeit von essentieller Bedeutung. Nur konzentrierte bzw. unverdünnte Blut - oder Sekretspuren einer gewissen Größe sind durch ihr charakteristisches Aussehen ohne Hilfsmittel zu erkennen. In der Vergangenheit wurde versucht, kleinste, nicht mit dem bloßen Auge sichtbare Sekretspuren mit UV Licht sichtbar zu machen. Dies führte meist zu unbefriedigenden Ergebnissen.

Diese Arbeit beschreibt die Untersuchungen unterschiedlicher Trägermaterialien auf forensisch relevante Spuren mit Hilfe der neuen Tatortlampe Superlite 400. Diese Lampe wurde in Zusammenarbeit mit der bayrischen Polizei entwickelt und optimiert.

Ziel dieser Arbeit war, herauszufinden, ob mit dieser Methode eine leichtere, schnellere, exaktere und vor allem spezifische Spurenerkennung möglich ist. Die bekannten und in der forensischen Praxis heute verwendeten chemischen Vortests wurden vergleichend auf ihre Sensitivität ebenso untersucht, wie auch die Auswirkung der Bestrahlung durch die Lampe auf die Qualität der DNA-Profile. Die Ergebnisse wurden mit zwei weiteren, weltweit häufig verwendeten, Tatortlampen, der Polilight und der Projectina SL 350, verglichen.

Die Untersuchungen der Spuren auf den unterschiedlichen Trägermaterialien ergaben für Sperma eine spezifische Fluoreszenz bei einer Wellenlänge von 440 - 470nm. Bei den Blutspuren wurde die, aus früheren Studien bekannte, Wellenlänge von 415nm bestätigt. Diese zeigte jedoch deutliche Schwächen in der Kontrastierung und Fluoreszenz bei dunklen Spurenrägern. Speichelspuren konnten mit dem, bei der allgemeinen Suche verwendeten, unspezifischen UVA (320-400nm) sichtbar gemacht werden.

Bei der Vergleichsuntersuchung von Blutspuren konnten mit Luminol deutlich höhere Verdünnungen detektiert werden als mit der Tatortlampe. Die chemische Vortests lieferten unterschiedliche Ergebnisse, so dass weiterführenden Tests empfohlen werden.

Es wurde herausgefunden, dass die Bestrahlung der Spuren mit der Tatortlampe keinen Einfluss auf die Qualität der DNA-Profile hat.

Bei der Arbeit mit realen Tatortspuren konnten mit dem bloßen Auge nicht sichtbare Spuren detektiert werden und DNA-Profile erstellt werden.

Die abschließenden Vergleiche mit anderen Tatortlampen zeigten deutliche Vorteile der Superlite 400 in der Lichtausgangsleistung und der Filtergenauigkeit. Dadurch war eine genauere und bessere Spurenerkennung durch die beschriebenen Detektionswellenlängen möglich.

Aufgrund der Ergebnisse konnte festgehalten werden, dass die Kombination der Lampe mit anderen Vortests deutlich Zeit spart und das Übersehen von wichtigen Beweisen minimiert.

## II. Einleitung

### 1. Allgemeines

*„Wie ihn die riesigen Emporgehoben, ihr Zappelfüßigen, Geschwind nach oben!*

*Behendest aus und ein!*

***In solchen Ritzen ist jedes Bröselein Wert zu besitzen.***

***Das Allermindeste müsst Ihr entdecken, auf das geschwindeste in allen Ecken.***

*Allemsig müsst Ihr sein (36).“*

Schon in diesen Textzeilen aus dem Faust 2 von Goethe lässt sich erkennen, welche immense Bedeutung das Auffinden von kleinsten Spuren hat. In der Kriminalistik und Forensik hat diese Aussage bis zum heutigen Tag Bestand und wird auch in der Zukunft einen immer größeren Stellenwert einnehmen.

Die Detektion von mikroskopisch kleinen Blut-, Sperma-, Speichel- oder Fingerabdruckspuren mit anschließender DNA - Analyse spielt die bedeutendste Rolle bei der Tatortarbeit zur Rekonstruktion begangener Verbrechen. Sie stellen oft die einzig relevanten Beweismittel zur Auffindung des Täters und somit zur Aufklärung dar.

Die technischen Möglichkeiten zur Auswertung der Spuren, wie die DNA – Analyse und die klassische Daktyloskopie haben sich über die Jahre enorm weiterentwickelt. Um diese Möglichkeiten nutzen zu können, müssen die Spuren jedoch zunächst einmal gefunden und gesichert werden.

Jedoch können Aussehen oder Form und Farbe der Spuren großen Veränderungen unterworfen sein. Viele Gewaltverbrechen werden nicht sofort entdeckt oder die Tatorte werden schon vom Täter verändert, um Spuren zu vernichten oder unbrauchbar zu machen. Außerdem spielt die Zeit zwischen Tat und Spurensicherung eine sehr bedeutende Rolle, weil das Aussehen der Spuren von zusätzlichen Faktoren wie Umwelteinflüssen und Trägermaterialien abhängig ist. Diese Variablen führen dazu, dass die Spuren nahezu unsichtbar und leicht übersehen werden können.

Zum Beispiel sind Blut- oder Spermaspuren zum Teil nur im unverdünnten Zustand und in einer gewissen Größe durch die charakteristische Farbe ohne Hilfsmittel erkennbar. Die Farbe ist allerdings von vielen Faktoren beeinflussbar, die die Spuren bis ins Unkenntliche verändern können.

Dies sind chemische und physikalische Einflüsse wie Temperatur und Feuchtigkeit, so dass Blutspuren neben der rötlichen Farbe mit der Zeit auch eine bräunliche, grüne oder sogar schwarze Farbtonung annehmen können.

Auch die Spurenträger wie Textilien mit unterschiedlicher Saugfähigkeit und Farbe können durch die ähnliche Kontrastierung zur Unsichtbarkeit der Spuren beitragen.

Ebenso sind falsch positive Spuren ähnlichen Aussehens anzutreffen.

Dies führt dazu, dass eine detaillierte Kenntnis über die beschriebenen Faktoren nötig ist, um relevante Spuren am Tatort zu erkennen oder an sichergestellten Trägermaterialien zu isolieren.

## **2. Fragestellung und Zielsetzung:**

Ein technisches Hilfsmittel auf dem Gebiet der Spurensuche sind die forensischen Tatortleuchten.

Die erste und wohl bekannteste forensische Lampe war die so genannte „Woods Lamp“, die bereits 1919 von Dr. Wood vorgestellt wurde (23). Diese Lampe emittierte Licht ausschließlich im UV-Bereich.

Derzeit werden in der praktischen Tatort – und Laborarbeit weitaus modernere und technische ausgereifere Lampen mit Filtern im gesamten elektromagnetischen Spektrum, wie z.B. die Polilight von Rofin Australia oder die Projectina SL 350 aus der Schweiz, eingesetzt.

Mit einer neu entwickelten Tatortlampe, der Superlite 400, sollen in dieser Arbeit folgende Fragestellungen überprüft werden:

- Gibt es spezifische Detektionswellenlängen für bestimmte forensisch relevante Spuren auf unterschiedlichen Trägermaterialien?
- Hat die Bestrahlung der Spuren durch die Lampe einen Einfluss auf die Qualität der DNA und der zu erstellenden Profile?
- Wie sensitiv ist die Superlight 400 im Vergleich zu den bekannten chemischen Vortests?
- Welche unterschiedlichen Ergebnisse liefern die drei Tatortlampen im Vergleich?
- Bewährt sich die Tatortlampe in der praktischen Arbeit an realen Kriminalfällen?

Durch Klärung dieser Fragen soll gezeigt werden, ob durch Verwendung dieser Technik, eine Verbesserung auf dem Gebiet der Spurensuche erreicht werden kann.

### **3. Spurenkunde**

#### **3.1 Definition**

Im forensischen – medizinischen Sinne sind Spuren meist kleine Antragungen von Blut, Sekreten oder Gewebeteilen an Personen oder Sachen, die einen Rückschluss auf Opfer, Täter oder einen Straftathergang gestatten können (24).

Biologische Spuren können auf unterschiedlichen Trägermaterialien vorkommen wie beispielsweise auf Textilien, Metallen, Holz, Glas, usw. Die Größe der Spuren variiert von Sichtbarkeit mit dem bloßen Auge bis hin zu mikroskopisch kleinen Spuren.

Die in dieser Arbeit untersuchten Spuren, wie Blut, Sperma, Speichel, werden unter dem Begriff serologische Spuren zusammengefasst (20).

#### **3.2 Aussehen von Spuren**

Biologische Spuren können, je nach Art und Beschaffenheit in unterschiedlichen Formen und Farben auftreten. Die Farbe von Spuren kann sich mit zunehmendem Alter auf dem Spurenläger ändern. Zusätzlich sind sämtliche Spuren auch äußeren Einflüssen wie Witterung ausgesetzt, die zu charakteristischen Veränderungen einer Spur bzw. eines Spurenbildes führen können.

Durch Interpretation dieser Veränderungen durch Alterung und Umwelteinflüsse auf Spurenmuster wurde schon in zahlreichen Veröffentlichungen, wie zum Beispiel von Ziemke (1914) Schleyer et al. (1977) oder Kube et al. (1992) erklärt, dass es möglich ist, Rückschlüsse auf deren Entstehung und eventuell den möglichen Tathergang zu ziehen.

##### **3.2.1 *Form***

###### **3.2.1.1 Blut**

Bei Blutspuren unterscheidet man unterschiedliche Formen: Spritz -, Tropf -, Wisch -, Abrinn-, Abklatsch- und Schleuderspuren. Zusätzlich können Blutspuren als Lachen oder geronnenes Blut auftreten.

Die unterschiedlichen Formen der Blutspur kommen durch mehrere Variablen zustande: Menge, Untergrund bzw. Spurenläger, Fallgeschwindigkeit, Fallhöhe und Auftreffwinkel.



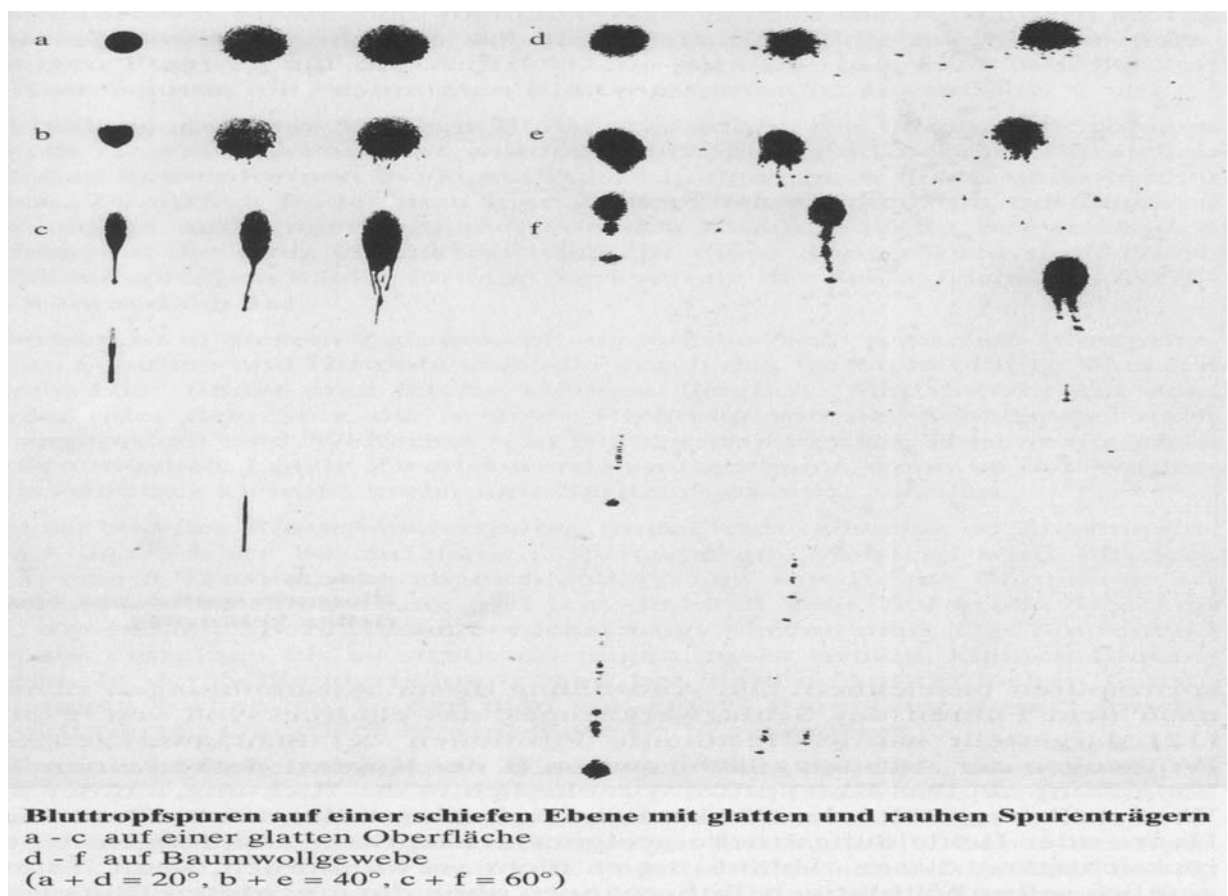
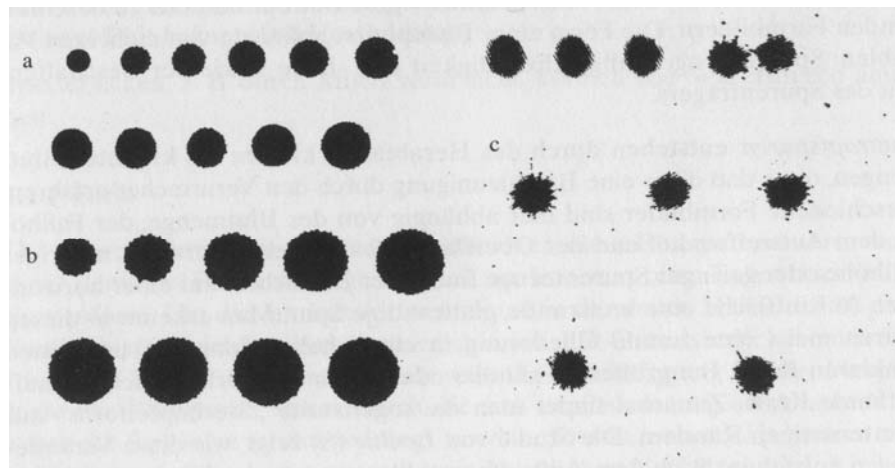
Durch diese Variablen verändert sich die Spur in Größe, Farbe, Form.

Folgende Abbildungen Nr.1 und Nr.2 zeigen Blutropfspuren auf gerader und schiefer Ebene (28):

a, ca. 20 µl Blut von 0,10m – 3,0m auf glatter Oberfläche

b, ca. 40 µl Blut von 0,10m – 3,0m auf glatter Oberfläche

c, ca. 20 µl Blut von 0,10m – 3,0m **auf Baumwollgewebe**



### 3.2.1.2 Sekretspuren

Bei Sperma – und Speichelspuren gibt es keine so ausführliche Unterscheidung der Formen. Sekretspuren werden auf unterschiedliche Weise gewonnen. Beispielsweise sind dies Abstriche, Sicherung von Kleidungsstücken und Bettwäsche, Haut oder Haare.

Bei Sicherung von Textilien ist auf die charakteristische Verhärtung der Spur auf dem Spurenträger zu achten.

Doch auch bei diesen Spuren können gegebenenfalls durch die Analyse des Musters, insbesondere bei Sperma, Rückschlüsse auf den Tathergang getroffen werden

### 3.2.2 Farbe

Die Farbe von Blutspuren hängt insbesondere von zwei Faktoren ab: dem Alter und den äußeren Bedingungen. Es können sämtliche Abstufungen des Rots auftreten – ebenso auch andere Farben wie Grün, Braun und auch Schwarz.

Frische Blutspuren zeigen die charakteristische rote Farbe. Mit zunehmendem Alter verändert sich diese ins bräunliche und schwarze. Diese Farbänderung kommt vor allem durch die Hämoglobinbildung (= Eisen – III - haltige, oxidierte Form des Hämoglobins) zustande. Diese tritt normalerweise nach ca. 6 Tagen ein. Durch Sonneneinstrahlung verkürzt sich diese Zeit auf bis zu 10 Stunden (28).

Sekretspuren fallen durch die weißliche bis grau –gelbliche Verfärbung auf. Ein zeitlicher Rahmen hierfür lässt sich nur schwer definieren – man kann jedoch von wenigen Stunden ausgehen. Ebenso gilt hier, dass die Witterung und die Beschaffenheit des Spurenträgers Einfluss auf die zeitliche Veränderung haben können (28).

### 3.2.3 Spurenträger

Der Spurenträger spielt eine wichtige Rolle bei der Ausprägung von Form und Farbe. Man muss bei Tropfspuren unterscheiden, ob die Spur auf einen senkrechten oder waagrechten Träger auftrifft (vgl. Abb.1 und 2). Zusätzlich gilt es zu beachten, welche Menge an Spurenmaterial sich auf dem Spurenträger befindet und somit zum charakteristischen Aussehen beiträgt.

Bei Textilien ist es wichtig zu unterscheiden, von welcher Seite die Spur aufgetroffen ist.

Dies führt durch die Saugfähigkeit und den verschiedenen Oberflächenstrukturen (vgl. Punkt 4.2) zu unterschiedlichen Mustern. An der Auftreffseite wird sich die Kontur noch relativ scharf und kaum verschwommen zeigen, während auf der Gegenseite sich die Form, je nach Saugfähigkeit des Materials, sehr verschwommen darstellt.

Auch wird die Farbe auf der Auftreffseite deutlich intensiver zu sehen sein als auf der Gegenseite.

Bei glatten Oberflächen kommt es durch das Auftreffen von Tropfen zu Spritzern oder Abrinnspuren (28).

#### *3.2.4 Veränderung durch äußere Einflüsse*

Wie bei den Punkten Form und Farbe schon erwähnt, sind Spuren in erheblichem Maße Witterungseinflüssen unterworfen. Generell kann man sagen, je höher die Temperatur, umso schneller altern die Spuren. Das bedeutet, sie verändern sich in Farbe und Konsistenz. Diese Degradation(= Abbau, Verschlechterung) der Spuren ist vor allem für die nachfolgende DNA-Analyse von großer Bedeutung. Die Alterung führt zum Abbau bzw. zu Strangbrüchen in der DNA und somit zu einem minderwertigen oder sogar nicht mehr extrahierbaren Profil. Ebenso führt eine Besiedelung durch Mikroorganismen zum Verschimmeln und zur Unbrauchbarkeit von Spuren.

Als Beispiel für Farbänderung sei der Winter genannt. Blutspuren können in frischem Schnee verlaufen und nehmen durch die extreme Verdünnung eine hellrote bis zum Teil weißliche Farbe an. Dies kann dazu führen, dass sie nicht mehr als Blutspur erkannt werden können.

#### *3.2.5 Verwechslungen*

Hier muss vor allem die Verwechslungsgefahr durch ähnliche Farben genannt werden. Rote Farbe findet sich auch bei diversen Lebensmitteln wie Rotwein und Saucen. Ebenso kann Rost, rote Malerfarbe oder Schokolade für Blut gehalten werden.

Bei Sekretspuren gibt es die Verwechslungsgefahr untereinander. Zum Beispiel kann Speichel irrtümlicherweise für Sperma gehalten werden und umgekehrt.

Farbliche Verwechslungen sind bei sämtlichen hellen Lebensmitteln, wie zum Beispiel Milch oder helle/ weiße Saucen, möglich. Auch Waschmittelflecken können irrtümlich für Sekretspuren gehalten werden.

### 3.3 Detektionsmethoden

Es gibt eine ganze Reihe von chemischen Nachweisreaktionen auf Bestandteile in Blut -, Sperma- oder Speichelspuren.

Da sich viele Arbeiten und Bücher speziell diesen Nachweismethoden widmen, seien hier nur die heute gebräuchlichsten und meist verwendeten Methoden und Vorproben genannt.

#### 3.3.1 *Blutspuren*

Zwei bekannte Schnelltests sind der Hexagon – OBTI – Test (Bluestar - Forensic, Monte Carlo) und der Combur – Test. (Boehringer, Mannheim).

Beide Tests verwenden Farbreaktionen, um den Blutnachweis zu liefern. Der Hexagon – Test beruht auf einer Antikörperreaktion gegen menschliches Blut. Er wurde entwickelt, um Blutspuren in menschlichen Ausscheidungen nachzuweisen. Der Combur – Test wird verwendet, um Hämoglobin oder Myoglobin durch Oxidation des Indikators durch die Hydroperoxidase nachzuweisen. Dieser Test wurde ursprünglich entwickelt, um Blut im Urin zu erkennen (3).

Beide Vortests sind schnell, spezifisch und benötigen nur wenig Spurenmaterial. Bei dem Combur – Test wurden auch falsch – positive Reaktionen beobachtet, so dass dieser als nicht beweisend gilt (3).

Ein weiterer Test ist der Nachweis durch Luminol. Dieser wurde 1937 durch Walter Sprecht entdeckt und veröffentlicht (31).

Die alkalische Lösung von Luminol (3-Aminophthalsäurehydrazid, 0,1%) und Wasserstoffperoxid (ca. 5,0%) leuchtet durch Chemilumineszenz in der Dunkelheit auf, wenn das Luminol über die peroxidasevermittelte Sauerstofffreisetzung oxidiert wird (23).

Er muss jedoch bei vollständiger Dunkelheit durchgeführt werden, was sich meist nur unter Laborbedingungen realisieren lässt. Dieser Test ist sehr sensitiv, da sich auch hohe Blutverdünnungen auf unterschiedlichsten Trägermaterialien nachweisen lassen. Ebenso können abgewischte Blutspuren, so genannte latente Blutspuren wieder sichtbar gemacht werden.

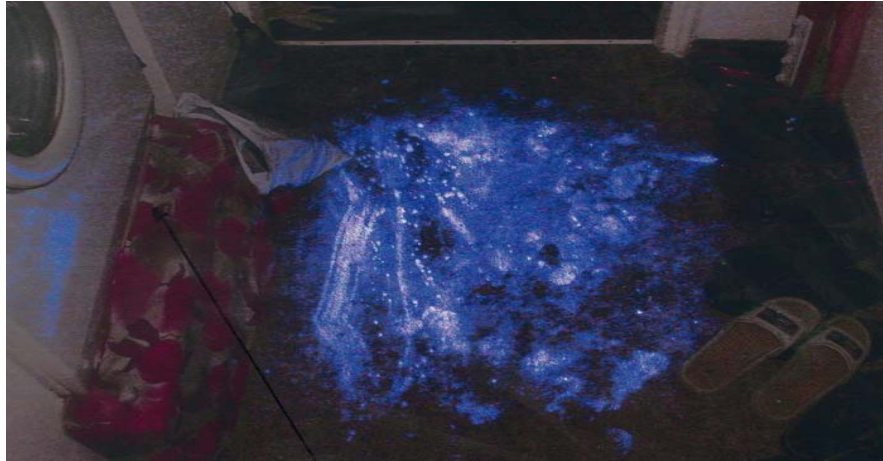


Abb. 3: Chemilumineszenz einer Blutspur durch Luminol auf dem Fußboden (Rechtsmedizin München)

### 3.3.2 Spermaspuren

#### 3.3.2.1 Nachweis der sauren Phosphatase

Die aus der Prostata stammende saure Phosphatase (AP) ist im Sperma gut 100-mal höher konzentriert als im Scheidensekret.

Bei der Untersuchung werden zumeist die kommerziell erhältlichen Phosphatesmo – KM Teststreifen (Macherey-Nagel, Düren, Deutschland) verwendet. In Anwesenheit von AP färbt sich das Teststäbchen lila (3).

Das Reaktionsprinzip beruht auf der phosphatasevermittelten Umwandlung von  $\alpha$  – Naphtylphosphat in Naphtol, das mit Tetrazoliumsalz einen roten Azofarbstoff bildet. Die Reaktionspartner sind auf diesen Teststreifen trockenchemisch vereinigt (24).

Nur der sofortige Farbwechsel des Teststreifens lässt auf Sperma schließen, ist aber nicht beweisend.

#### 3.3.2.2 Nachweis von PSA und SVSA

Der Nachweis des prostataspezifischen Antigens (PSA) und des samenbläschenspezifischen Proteins (SVSA) ist wesentlich spezifischer als der Phosphatasenachweis. Dies ist dadurch zu erklären, dass der PSA – Test ein Glykoprotein nachweist, welches nur von den Epithelzellen der Prostata gebildet und sezerniert wird (3).

Da der Nachweis auf saure Phosphatase und PSA auch im Ejakulat von vasktomierten Männern geführt werden kann, sind diese Tests sehr hilfreich in den Fällen, bei denen keine Spermien mikroskopisch gefunden werden konnten.

### 3.3.2.3 Mikroskopischer Nachweis

Der mikroskopische Nachweis auf Spermien ist der spezifischste und definitiv beweisende Spermanachweis. Dazu wird ein Objektträgerausstrich angefertigt, getrocknet und mit Hämatoxylin-Eosin (HE-Färbung) gefärbt. Bei dieser Färbung stellen sich die Spermienköpfe blau bis violett dar, die Zellen des Vaginalepithels hingegen rot (3).

Bei einer frischen Spermaspur lassen sich meist der Kopf und die Geißel darstellen.

Bei älteren, getrockneten Spermaspuren finden sich oftmals nur noch die Köpfe. Die Geißel geht meist nach ca. 12 – 24 Std. verloren. In einigen Fällen ist sie bis zu 3 Tage nachweisbar. Der Spermakopf kann bis zu 5 - 6 Tage darstellbar sein (3).

(vgl. Abb. 4 und 5 der Rechtsmedizin München)

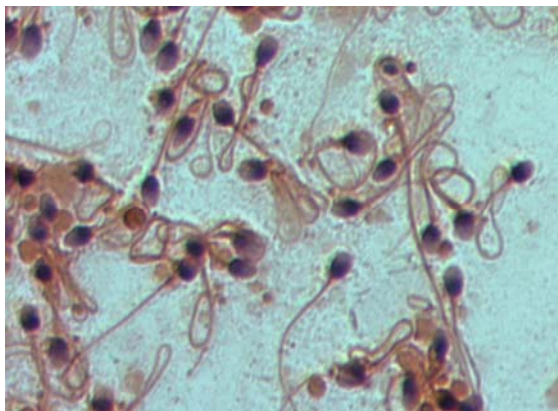


Abb. 4: Spermien mit Geißel

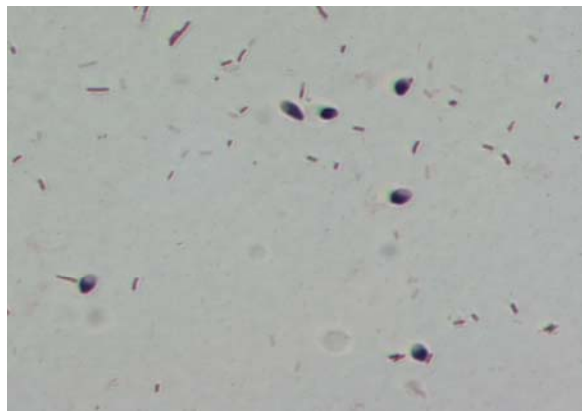


Abb. 5: Spermien ohne Geißel

In der Literatur finden sich jedoch auch Beispiele für einen Nachweis von Samenzellen nach weitaus längerer Liege- bzw. Lagerungszeit. Spann berichtete 1964 über einen Fall, bei dem ein mikroskopischer Nachweis nach 17 Tagen Leichenliegezeit gelungen war (30). Im Jahr 1977 veröffentlichte Eisenmenger et al. einen Fall mit einer Lagerungszeit im Freien von 3 Monaten, teilweise unter einer Schneedecke (10).

### 3.3.3 Speichelspuren

#### 3.3.3.1 Nachweis der Amylase

Zum Nachweis von Speichelantragungen wird die Spur auf das Vorhandensein des Enzyms Amylase untersucht. Dazu wird die Eigenschaft der Amylase, Stärke abzubauen, ausgenutzt. Die Stärke kann mit Jod blau eingefärbt werden. Wird einer Speichelspur eine 1% ige Stärkelösung zugesetzt, wird die Stärke innerhalb von 30 – 60 min abgebaut. Gibt man nun Lugol'sche Lösung hinzu, wird sich die Probe nicht mehr blau färben.

Wenn eine Blaufärbung eintritt, ist Stärke vorhanden, also keine Amylase und somit kein Speichel (24).

Der heute gebräuchlichste kommerzielle Schnelltest ist der Phadebas<sup>®</sup> – Test (Pharmacia, Freiburg).

Ob und inwieweit man bei gefundenen Spuren und fraglichen Substanzen die genannten Vorproben durchführt, muss sorgfältig abgewogen werden. Hier ist vor allem die Menge und Größe der vorliegenden Spur relevant. Nach eventuellen Vorproben muss noch genügend Material für eine weiterführende DNA-Typisierung zur Verfügung stehen.

Gemäß Kube et al. sind Vorproben fast immer mit einer Beeinträchtigung von Spur und Spurenräger verbunden, zum anderen muss man bedenken, dass eine positive Reaktion noch keinen exakten Substanznachweis darstellt (20).

Trotzdem ist es aber oftmals die einzige Möglichkeit eine Substanz zu klassifizieren und weiterführende Analysen gezielt durchzuführen.

### 3.4 Biologische Grundlagen des DNA -Nachweises

Seit der Entdeckung von individuellen, spezifischen DNA – Sequenzen durch Jeffreys im Jahre 1985, hat sich die forensische DNA – Analyse enorm weiterentwickelt.

Während Jeffreys und seine Kollegen noch 1 – 2 µg DNA mit hohem Molekulargewicht benötigten, reichen heute schon 100 pg DNA für eine erfolgreiche Analyse aus.

DNA befindet sich in den Zellkernen und in den Mitochondrien (mDNA). Bei Untersuchungen im forensischen Bereich ist die Isolation der DNA aus Zellkernen das primäre Ziel. Nur in speziellen Fällen ist die Extraktion von mt-DNA erforderlich.

Das menschliche Genom besteht aus 3,5 Milliarden Basenpaaren (bp) mit ca. 35.000 – 40.000 Genen. Die DNA ist unterteilt in kodierende Regionen (enthält die Informationen für die Synthese von Proteinen) und in nicht – kodierende Regionen. Nur 2 % der gesamten DNA besteht aus den kodierenden Regionen, der Rest ist nicht – kodierend (3).

In diesen nicht – kodierenden Regionen finden sich die so genannten Mikrosatelliten oder Short-Tandem Repeats (STRs), die heute fast ausschließlich für forensisch - genetische Untersuchungen benötigt werden.

Diese sind gekennzeichnet durch kurze Wiederholungseinheiten mit einer Länge von 2 – 5 Basenpaaren (3).

Für die Darstellung eines spezifischen Personenprofils müssen mehrere STRs untersucht werden. Abhängig von der Frequenz der Allele der STRs kann die Häufigkeit des ganzen DNA-Profiles in der Bevölkerung berechnet werden. Es können Frequenzen bis zu 1:1 Billion erreicht werden, so dass ein Profil ohne Zweifel einer bestimmten Person zugeordnet werden kann (3).

Neben dem direkten Vergleich von Spuren mit Tatverdächtigen werden Spuren von Fällen mit unbekanntem Täter mit Datenbanken verglichen.

Diese nationalen DNA-Datenbanken enthalten sowohl Profile von verurteilten Straftätern als auch Profile aus Spuren von ungeklärten Verbrechen.

Die deutsche DNA-Analyse-Datei wurde 1998 beim Bundeskriminalamt eingerichtet. Zu Beginn wurden fünf unterschiedliche Marker (VWA, TH01, FGA, SE33, D21S11) untersucht und gespeichert. Seit Anfang 2001 wurde die Datei auf acht Systeme erweitert. Zu den bereits vorhandenen kamen ergänzend D3S1358, D8S1179 und D18S51 hinzu. Ein Profil, das mit diesen acht Systemen erstellt wird, hat im Mittel eine Häufigkeit von 1:1,1 Billionen Personen in der deutschen Bevölkerung. Dadurch ist eine zufällige Übereinstimmung von zwei, in der Datenbank gespeicherten, Mustern fast vollständig ausgeschlossen (5).

Der Datenbestand in der deutschen Datei betrug im Dezember 2005 ca. 450.000 Datensätze mit einer Trefferquote von 25%. Das heißt, jedes 4. eingegebene Muster ergab ein „Match“. Die zahlenmäßig meisten Treffer sind bei Diebstahlsdelikten zu verzeichnen. Aber auch Kapitalverbrechen wie Straftaten gegen das Leben und Sexualdelikten konnten mit Hilfe der DNA-Datei aufgeklärt werden (5).

Inzwischen gibt es in vielen europäischen Ländern und auch in den USA solche zentrale DNA-Datenbanken. Der Vorreiter ist England, wo schon 1995 die „National DNA Database“ eingerichtet wurde und inzwischen über 2 Millionen Datensätze gespeichert sind (5).

Von den vorher erwähnten acht Systemen finden sich sieben auch in den anderen europäischen Datenbanken, so dass im Bedarfsfall auch ein internationaler Vergleich der Merkmalsmuster möglich ist (5).



## 4. Textilkunde

### 4.1 Allgemein:

Da an die Spurensuche und – auswertung immer höhere Anforderungen gestellt werden bzw. sie immer spezifischer und exakter wird, müssen auch die Eigenschaften der möglichen Spurenträger bekannt sein.

Hier muss in besonderem Maße der Saugfähigkeit, der Faserformen (glatt, aufgeraut) und der Farbbeständigkeit eine große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wegen großer Unterschiede bei diesen Eigenschaften ist es möglich, dass kleinere Spuren leicht übersehen werden oder verändert sein können.

#### 4.1.1 *Einteilung*

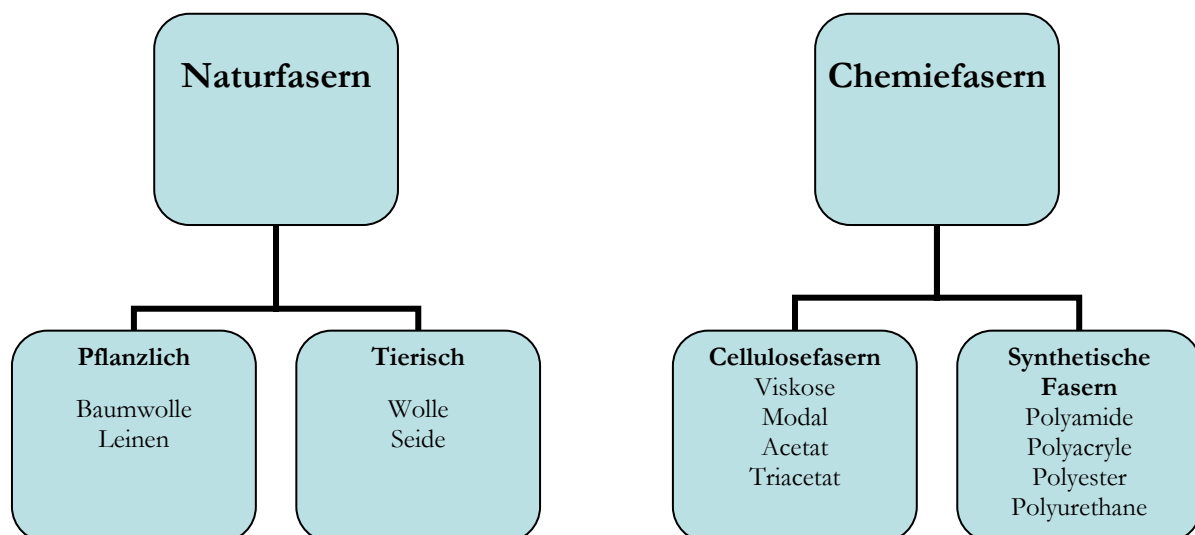


Abb. 6: „Faser – und Gewebekunde“, Anny Kastner, 1991 (15)

### 4.2 Eigenschaften der Textilien

Die Naturfasern sind generell sehr saugfähig, das heißt, kleine Mengen von Spurenmaterial lassen sich nur schwer erkennen. Die Fasern werden auf zwei Arten verarbeitet. Zum einen sind die Fasern kurz, fein und stark gekräuselt, was die Form der Spur durch Verlaufen verändern kann. Zum anderen können die Fasern lang, stark und fast glatt sein. Dies führt zu einem relativ klaren Spurenbild.

Jedoch können die Naturfasern durch neue Methoden der Veredelung resistenter und schmutzabweisender gemacht werden. Dadurch kann die Beseitigung möglicher Spuren erleichtert werden.

Die Chemiefasern sind oft wasser – und schmutzabweisend und dadurch weniger saugfähig. Einige Chemiefasern werden durch das Acetatverfahren hergestellt. Dies führt dazu, dass bei Verwendung eines acetonhaltigen Fleckenentferners, sich die Fasern auflösen und somit die Spur komplett unbrauchbar machen.

Aufgrund der großen Zahl unterschiedlicher Chemiefasern seien hier nur zwei Stellvertreter erwähnt:

Die Polyamide haben die Eigenschaft, dass sie mit zunehmendem Alter vergilben und vergrauen, was die Erkennung von älteren Sekretpuren erschweren kann.

Die Polyester sind zusätzlich hitzespeichernd. Dies führt zu einer schnelleren Spurenalterung bei entsprechender Witterung. Die Oberflächenstruktur der Polyester ist glatt und wenig saugfähig. Dadurch dringt das Spurenmaterial nicht tief ein. Dies hat zum einen den Vorteil, dass Spuren leichter erkannt werden, zum anderen den Nachteil, dass die Spuren relativ leicht ausgewaschen werden können.

#### 4.3 Schlussfolgerungen für die Spurenbeschaffenheit

Durch die beschriebenen, unterschiedlichen Beschaffenheiten der Textilien, können sich Spuren verändert darstellen. Die allgemein bekannte und in der Fachliteratur erwähnte charakteristische Farbe und Form von Spuren ist somit nicht immer gültig.

Spuren können durch die Saugfähigkeit oder die abweisenden Eigenschaften der Textilien komplett verschwinden.

In diesem Fall liefern die, in der Praxis angewendeten, chemischen Vorproben manchmal ein negatives Ergebnis. Insbesondere Spuren auf farbähnlichen oder - gleichen Stoffen wie Blut auf rötlichen oder Sperma auf weiß – gräulichen Stoffen können mit bloßem Auge nur schwer bzw. gar nicht erkannt werden.

Durch Untersuchung der Textilien mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen können die Spuren teilweise wieder sichtbar werden und für die weitere Analyse gesichert werden.

## 5. Optik

Optik ist die Lehre vom Licht, dem Wellenlängenbereich der elektromagnetischen Strahlung, der vom menschlichen Auge wahrgenommen werden kann. Dieser Bereich liegt zwischen den Wellenlängen  $\lambda = 380 \text{ nm}$  und  $\lambda = 780 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Im Allgemeinen wird auch elektromagnetische Strahlung außerhalb des sichtbaren Bereichs einbezogen (33).

Die Optik befasst sich also mit Vorgängen, die beim Auftreffen von Licht auf Untergrundmedien auftreten.

### 5.1 Charakteristika des Lichts

Das Licht bewegt sich mit definierter Geschwindigkeit fort. Als Konstante ist hier die Vakuumlichtgeschwindigkeit  $c = 299792458 \text{ m/s}$  anzugeben. In allen anderen Medien ist die Lichtgeschwindigkeit kleiner als im Vakuum.

Die Wellenlänge  $\lambda$  und die Frequenz  $f$  hängen mit der Lichtgeschwindigkeit folgendermaßen zusammen (13):

Lichtgeschwindigkeit = Wellenlänge \* Frequenz

oder

$$c = \lambda * f$$

### 5.2 Elektromagnetisches Spektrum

Der gesamte Frequenzbereich der elektromagnetischen Wellen heißt elektromagnetisches Spektrum (vgl. Abb.7) und erstreckt sich lückenlos von den energieärmsten, langen Wellen (Radiowellen), bis zu den energiereichsten, harten Röntgenstrahlen und den Gammastrahlen der Atomkerne. Die verschiedenen Erscheinungsformen des elektromagnetischen Spektrums sind im Einzelnen:

Radiowellen, Mikrowellen, Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, Ultraviolettes Licht, Röntgenstrahlen und Gamma – Strahlen.

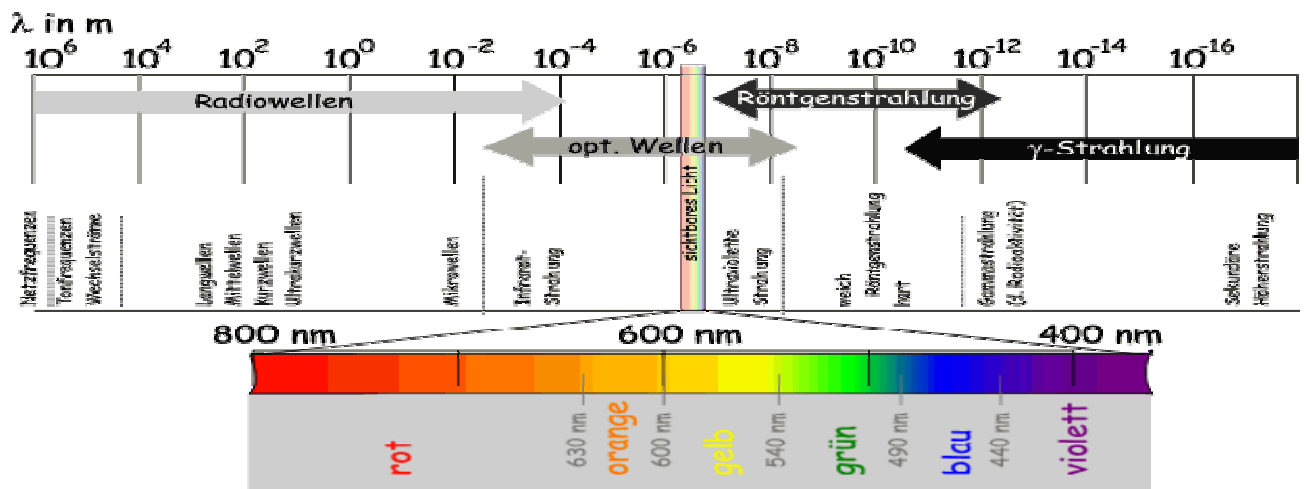


Abb.7: Darstellung des elektromagnetischen Spektrums (41)

Unser Empfinden für Farbe und Helligkeit bezieht sich auf die elektromagnetischen Wellen, deren Frequenz im sichtbaren Bereich liegt. Wellen anderer Frequenzen haben keine Farbe. Sie werden mit Namen bezeichnet, die vor allem angeben, wozu sie verwendet werden.

Das Spektrum des sichtbaren weißen Lichtes ist eine Mischung aus vielen verschiedenen Wellenlängen und lässt sich mit einem Prisma in die Spektralfarben zerlegen (vgl. Abb.8). Wenn man eine Farbe sieht, kann es sich um monochromatisches Licht handeln (d.h. Licht einer definierten Wellenlänge  $\lambda$ ), oder um eine Mischung von Licht verschiedener Wellenlängen.

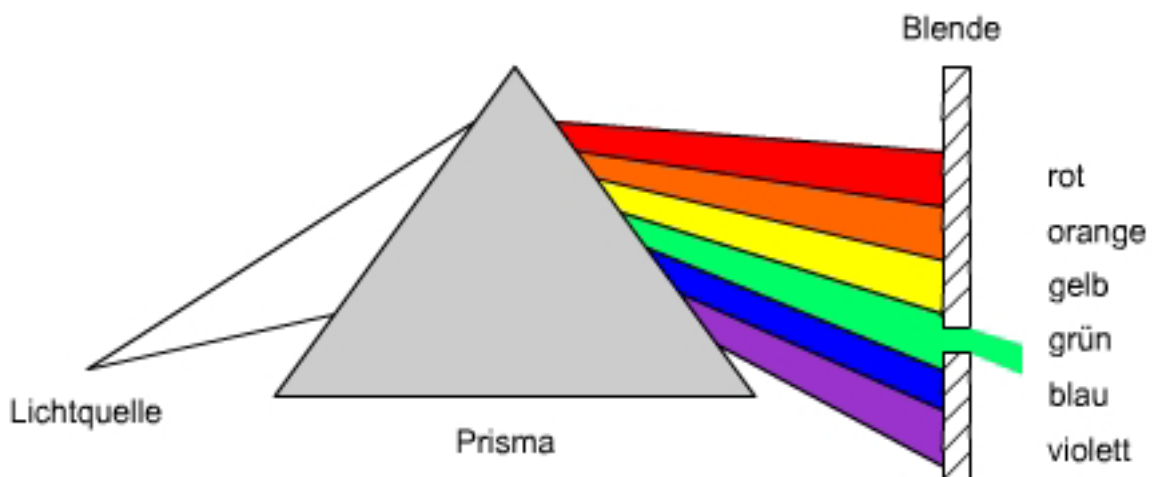


Abb.8: Zerlegung in Spektralfarben von Biorama (41)

Diese Spektralfarben sind eindeutig in Wellenlänge und Frequenz definiert:

Farbe	Wellenlänge ( $10^{-9}$ m)	Frequenz ( $10^{12}$ Hz)
Violett	455 ... 390	659 ... 769
Blau	492 ... 455	610 ... 659
Grün	577 ... 492	520 ... 610
Gelb	597 ... 577	503 ... 520
Orange	622 ... 597	482 ... 503
Rot	780 ... 622	384 ... 482

Abb. 9: Spektralfarben und – bereiche (12)

### 5.3 Fluoreszenz

Die Fluoreszenz ist eine Form der Lumineszenz. Fluoreszierende Farben oder Stoffe strahlen nach Lichteinwirkung Licht gleicher oder größerer Wellenlänge wieder ab. Dabei fallen die Atome, die durch die Lichteinwirkung in einen angeregten Zustand versetzt wurden, wieder auf ihren Grundzustand zurück. Dadurch kommt es zur sichtbaren Lichtemission, die meist im größeren Wellenlängenbereich liegt als die Anregung.

Bei der Fluoreszenz wird das Licht unmittelbar nach der Anregung wieder abgestrahlt (40). Das heißt, sie dauert nur so lange wie die Anregung selbst.

Eine weitere Form der Lumineszenz ist die Phosphoreszenz. Hier erfolgt die Emission des Lichts mit zeitlicher Verzögerung (40). Zur Verdeutlichung seien als Beispiel die Zeiger von Uhren genannt, die mit gelb – grünen Zinksulfiden beschichtet sind und im Dunklen nachleuchten (44).

Zusammenfassend kann man also sagen, dass die Unterteilung der Lumineszenz in Fluoreszenz und Phosphoreszenz von der Zeit der Emission des Lichts abhängig ist.

## 5.4 Optische Filter

Das weiße Licht ist, wie vorher erwähnt, eine Mischung der Spektralfarben. Deshalb benötigt man zur Herstellung von monochromatischem Licht geeignete optische Filter, die nur für einen definierten Wellenlängenbereich durchlässig sind. Diese Durchlässigkeit wird Transmission genannt.

Diese ist von der Schichtdicke  $d$  der Filter abhängig. Zur Umrechnung der Transmission auf die verschiedenen Schichtdicken wird der Reintransmissionsgrad benötigt. Folgende Gleichung verknüpft die Reintransmissionsgrade zweier gleichartiger Filter mit unterschiedlicher Schichtdicke:(33)

$$T_1(\lambda)^{d_1} = T_2(\lambda)^{d_2}$$

Die Abb.10 verdeutlicht die Abhängigkeit der Transmission  $T(\lambda)$  bei verschiedenen Schichtdicken ( $=d$ ) der Filter in den verschiedenen Wellenlängenbereichen.

Vereinfacht kann man sagen, je größer die Schichtdicke, umso enger bzw. exakter ist der Wellenlängenbereich bei der Transmission.

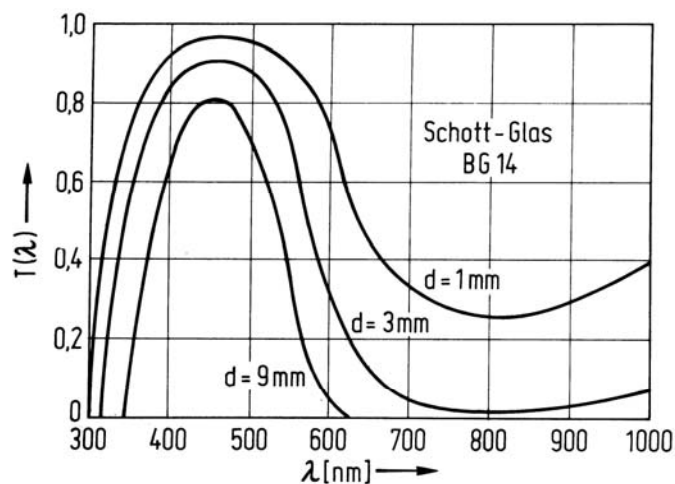


Abb.10: aus Kiefer, Ultraviolette Strahlen, S.165 (18)

Die Transmission ist zum anderen abhängig von der Reflexion und der Absorption. Die Reflexion bezeichnet den Teil des Lichts, der gar nicht erst durch den Filter gelangt. Die Absorption bezeichnet den Teil des Lichts, der beim Durchgang durch den Filter verloren geht.

Aufgrund der Menge der verschiedenen, heute erhältlichen Filter, werden hier nur die in der Arbeit relevanten Bandpass – und Kantenfilter beschrieben.

Die Bandpassfilter haben einen definierten Transmissionsbereich und dadurch auch definierte Unterdrückungsbereiche auf beiden Seiten des Spektrums.

Bei den Kantenfiltern werden Kurzpass – und Langpassfilter unterschieden.

Die Kurzpassfilter unterdrücken die längeren Wellenlängen und transmittieren die kürzeren.

Die Langpassfilter haben genau umgekehrte Eigenschaften: sie unterdrücken die kurzen Wellenlängen und transmittieren die längeren.

Durch geeignete Kombination der Kantenfilter (Kurz- und Langpassfilter) lassen sich Bandpassfilter mit unterschiedlichen Transmissionskurven herstellen.

Als moderne Weiterentwicklung der Bandpassfilter gelten die Dünnschichtfilter.

Für die Dünnschichtfilter gelten die Gesetze der Interferenz. Interferenz tritt an dünnen Schichten auf, wenn(33):

- Licht auf eine Schicht mit einer Brechzahl fällt, die sich von der Brechzahl des ursprünglichen Mediums unterscheidet.
- Ein Teil des einfallenden Lichts an der Grenzfläche zwischen Schicht und umgebenden Medium reflektiert wird, während ein anderer Teil in die Schicht eindringt.

Bei der Herstellung der Dünnschichtfilter werden in Aufdampftechnik dünne Schichten mit alternierendem Brechungsindex aufgetragen.

An den Grenzflächen zwischen zwei Schichten kommt es zur Reflexion des einfallenden Lichtes. Durch Überlagerung der reflektierten Wellen entstehen Interferenzerscheinungen. Bei geeignet gewählter Schichtdicke (vgl. Abb.10) wird Licht bestimmter Wellenlängen durch diese Interferenz ausgelöscht, also nicht transmittiert, während Licht anderer Wellenlänge passieren kann (43).

Durch diese Technik werden eine bessere Kantensteilheit und daraus ein enger definiertes Spektrum der gewünschten Wellenlänge erreicht.

Zusätzlich besitzen die Dünnschichtfilter eine längere Haltbarkeit durch größere thermische Belastbarkeit (37).

Als Beispiel sei hier das Gesamtspektrum und eine selektierte Transmissionskurve bei 425 nm der, in dieser Arbeit verwendeten, Superlite 400 dargestellt:

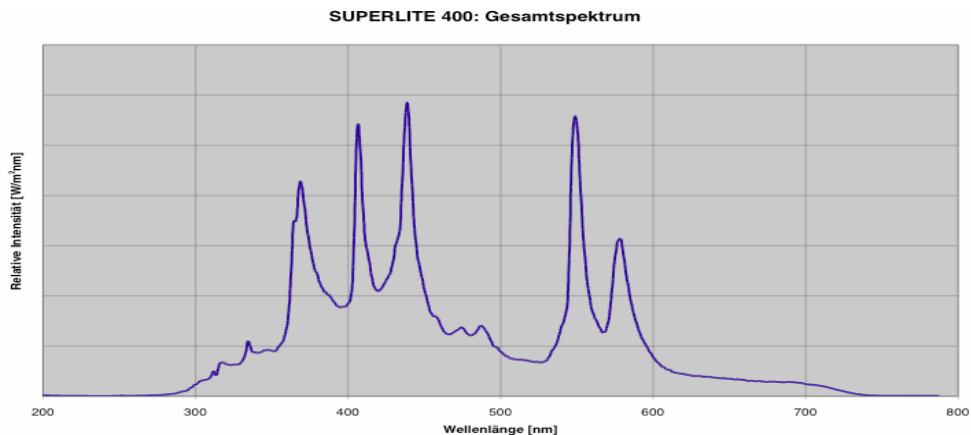


Abb.11: Gesamtspektrum der Superlite 400 (Lumatec, Deisenhofen)

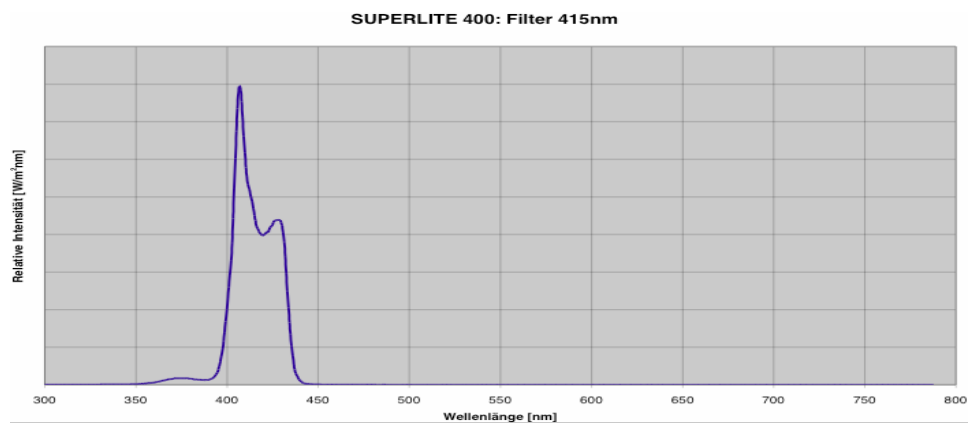


Abb.12: Transmissionskurve bei 425 nm durch Einsatz von Filtern (Lumatec, Deisenhofen)

Der Transmissionsbereich der einzelnen Filter wird durch die Spektralphotometrie bestimmt.

## 5.5 Spektralphotometer

### 5.5.1 *Allgemeine Begriffsdefinitionen*

Spektralphotometer: Eine Kombination aus Spektralapparat und Photometer

Spektralapparat: Optisches Gerät zur spektralen Zerlegung einer polychromatischen elektromagnetischen Strahlung.

Photometer: Gerät zur Bestimmung spektraler Materialparameter

(33)

Am Spektralphotometer werden Materialien charakterisiert, indem ein Absorptionsspektrum über den Wellenlängenbereich erstellt wird. Dieses Spektrum wird Extinktionsspektrum



genannt. Im Falle der Analyse von Filtern wird gemessen, welcher Wellenlängenbereich durch den zu messenden Filter transmittiert wird.

Wie vorher schon erwähnt, ist die Transmission von der Lichtreflexion und -absorption abhängig.

Für die Dünnschichtfilter ist die Abhängigkeit der Transmission von der Absorption im Lambert – Beerschen Gesetz definiert (4):

$$\text{Extinktion} = -\log T$$

$$\text{Extinktion} = \varepsilon * c * d$$

T: Transmission =  $I_0/I_1$

$\varepsilon$ : molarer Extinktionskoeffizient

c: Konzentration

d: Schichtdicke

Lambert fand heraus, dass die Intensitätsabnahme I proportional zur Schichtdicke ist. Beer stellte fest, dass die Intensitätsabnahme I proportional zur Konzentration c (in unserem Falle der Filter) ist.

## 5.6 Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter sind eine Anordnung von Spiegeln oder reflektierenden Grenzflächen, die die Ausbreitung des Lichts auf eine bestimmte Richtung beschränkt.

Lichtwellenleiter bestehen aus einem Kern mit Brechungsindex  $n_1$  und einem Mantel mit Brechungsindex  $n_2$ . Hierbei gilt die physikalische Voraussetzung  $n_2 < n_1$  (33).

Der zentrale Kern dient der Wellenführung des Lichts. Je größer sein Durchmesser, umso größer ist auch die Lichtdurchlässigkeit.

An dem, nach Außen hin, lichtundurchlässigem Mantel findet die Reflexion des Lichts statt. Lichtwellenleiter sind heutzutage sehr flexibel und die Reflexion wird auch um Biegungen und Ecken geleitet.

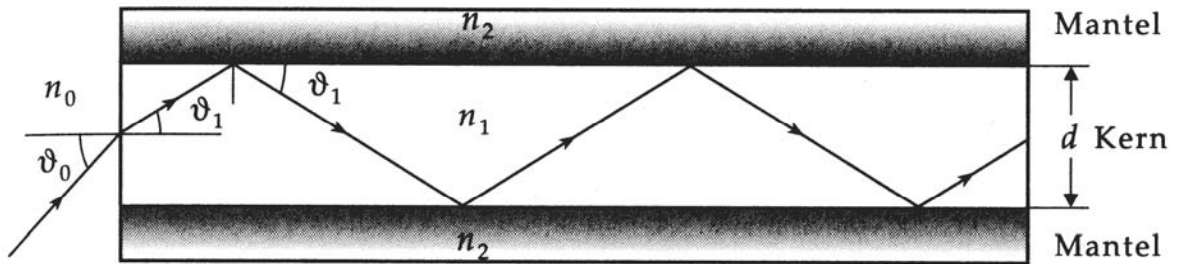


Abb.13: Aufbau eines Lichtwellenleiters (33)

Wenn der Winkel  $u_1$  klein genug ist, wird der einfallende Lichtstrahl an der Grenzfläche zwischen Kern und Mantel totalreflektiert und kann den Kern des Lichtwellenleiters erst wieder durch die Endfläche verlassen.

Der Grenzwinkel der Totalreflexion  $u_1$  an der Grenzfläche zwischen Kern und Mantel ist gegeben durch die physikalische Gleichung:

$$n_1 \sin (90^\circ - u_1) = n_2 \Rightarrow \cos u_1 = n_2 / n_1$$

An der Eintrittsfläche gilt das Brechungsgesetz  $n_0 \sin u_0 = n_1 \sin u_1$ . Beide Beziehungen zusammen ergeben die numerische Apertur N.A.<sub>WL</sub>:

$$n_0 \sin u_0 = \sqrt{n_{\text{Kern}}^2 - n_{\text{Mantel}}^2} = \text{N.A.}_{\text{WL}}$$

Das heißt, nur Lichtstrahlen, für die  $n_0 \sin u_0$  kleiner oder gleich N.A.<sub>WL</sub> ist, werden vom Lichtleiter geführt. Für größere Einfallswinkel ist die Bedingung der Totalreflexion nicht erfüllt (33).

Einfacher gesagt, gibt die numerische Apertur den größtmöglichen Einfallswinkel  $u$  der Lichtstrahlen in den Lichtleiter an.

Lichtwellenleiter finden Anwendung in der Medizin (z.B.: Endoskope), in der Computertechnik (z.B.: Netzwerkkabel), bei der Deutschen Telekom (z.B.: Telefon, Fernsehen) und natürlich bei den forensischen Tatortleuchten.

### III. Material und Methoden

#### 1. Verwendete Spuren

Das Blut wurde unter sterilen Bedingungen vom Autor selbst und einer Testperson entnommen. Hier wurden EDTA – angereicherte 5 ml Röhrchen verwendet, da EDTA in UV Licht nicht reagiert. Für die Blutverdünnung wird eine 1:10 Verdünnung mit Aqua dest. angefertigt.

Die Spermaproben wurden von der dermatologischen Klinik der LMU München zur Verfügung gestellt. Sie wurden anonymisiert geliefert.

Bei den Speichelproben wurde Material vom Autor selbst verwendet.

Als falsch – positive Proben wurden ausgewählte Lebensmittel verwendet, die in der Farbe den forensischen Spuren ähneln:

- Ketchup
- Getränke
  - Kaffee
  - Cola
  - Kondensmilch
  - Sekt

#### 2. Untersuchte Materialien

Die Spuren wurden auf verschiedenen Stoff – und Materialarten getestet. Es wurden Kleidungsstücke, Möbelbezüge, Teppichböden, menschliche Haut und Haare verwendet.

Die vollständige Aufzählung und Beschreibung ist in der Inventarliste im Anhang aufgeführt.

### **3. Geräte**

#### SUV – R und Superlite 400 der Firma Lumatec, Deisenhofen:

Diese Lampen sind in der Lage, mit Hilfe von Filtern, Licht unterschiedlicher Wellenlängen zu emittieren. Unter Zuhilfenahme einer Brille mit unterschiedlichen Breitbandfiltern wird die Fluoreszenz der Spuren sichtbar gemacht, da die Breitbandfilter die Untergrundfluoreszenz und die Streustrahlung auslöschen.

Die physikalischen und technischen Grundlagen werden im Kapitel II /5 – Optik erläutert.

Die Untersuchungen der Spuren wurden mit folgenden Wellenlängen durchgeführt:

- UVA (320-400nm)
- UVA + Blau (320-500nm)
- Violett (415nm)
- Blau (438nm, 465nm)
- Türkis (490nm)
- Grün (550nm)
- Grün/Gelb (570nm)

#### Tatortlampe SL 350, Projectina, Schweiz und Polilight, Rofin, Australia

#### Biorobot<sup>®</sup> EZ1 Genomic DNA Kit, Qiagen GmbH, Deutschland

#### Kapillarsystem 3130 und Genotyper software, Applied Biosystems, Foster City, USA

#### Nonaplex Mentype<sup>®</sup>, PCR Amplification Kit, Biotype AG, Dresden

### **4. Methodik**

#### 4.1 Versuchsbeschreibungen

Die Spurensuche mit Hilfe von Tatortlampen soll in der Rechtsmedizin bei der Untersuchung von experimentellen Spurenlägern, realen Spuren bei Sexualdelikten und der Kriminalistik bei Tatortbegehungen eingesetzt werden.

Zur Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten dieser Methode wurden folgende Versuchsanordnungen gewählt:

### **Versuch 1: Detektion von Spuren auf verschiedenen Trägermaterialien:**

- Die einzelnen Stoffe wurden auf einer Korkunterlage befestigt und gekennzeichnet.
- Die zu untersuchenden Spuren (Blut, Sperma, Speichel) wurden mit einer Eppendorf Pipette in der Menge 20 µl appliziert und 1 Woche lang luftgetrocknet.
- Die Blutspuren wurden zusätzlich mit einer Verdünnung von 1:10 appliziert.
- Bei besonders saugfähigen Stoffen wie, z.B. Teppich wurden zusätzlich nochmals 100 µl in einer 2. Reihe appliziert und 1 Woche getrocknet.
- 6 Abstrichtupfer wurden mit Sperma folgender Mengen versehen: 2, 5, 10, 20, 50 und 100 µl. Diese wurden auch 1 Woche luftgetrocknet.
- Die diversen falsch – positive Spurenproben wurden mit einer Menge von 20 µl appliziert und ebenfalls 1 Woche lang luftgetrocknet.
- Die Stoffe wurden mit der Superlight 400 in der Dunkelkammer des Instituts für Rechtsmedizin München mit verschiedenen Wellenlängen bestrahlt und die Ergebnisse photographisch dokumentiert.
- Für die Hautuntersuchung wurden Spermaspuren der Größen 5 µl, 10 µl, 20 µl und 50 µl mit einer Eppendorf Pipette auf einen Daumen pipettiert und mittels Abdruck auf Probanden appliziert. Nach einer Trocknungszeit von 1 Stunde wurden die Flecken bestrahlt.
- Die Haaruntersuchungen wurden an Haaren unterschiedlicher Farben durchgeführt. (Schwarz, dunkelbraun, hellbraun, grau, rot). Spermaspuren der Größen 10µl und 50 µl wurden mit einer Eppendorf Pipette appliziert und nach Trocknungszeit von 1 Stunde bestrahlt.

### **Versuch 2: Einfluss der Bestrahlung durch die Superlight 400 auf die DNA**

- 5 Blutspuren der Menge 5 µl in einer 1: 10 Verdünnung wurden mit einer Eppendorf Pipette auf einen weißen Baumwollstoff appliziert und einen Tag getrocknet.
- Die Spuren wurden mit einem definierten Abstand von 30 cm bestrahlt.
- Die Bestrahlungszeiten betragen 0, 1, 5, 10 und 15 min.
- Als Wellenlänge wurde der, in anderen Publikationen als Blutfilter beschriebene Filter mit 415 nm verwendet.
- Nach Abschluss wurden DNA-Profile mit der unter Punkt 4.3 beschriebenen Methode erstellt.

### **Versuch 3: Vergleich Superlight 400 – Luminol**

- Auf zwei dunklen Textilien als Spurenträger werden jeweils eine Reihe Blut der Menge 50 µl mit folgender Verdünnung aufgetragen und 1 Woche luftgetrocknet:

1. Natives Blut
2. 1 : 3
3. 1 : 10
4. 1 : 30
5. 1 : 80
6. 1 : 250
7. 1 : 700
8. 1 : 2000

- In der Dunkelkammer wird die eine Reihe mit Luminol besprüht und die zweite Reihe mit der Tatortlampe bestrahlt, um die Spuren sichtbar zu machen.
- Nach kurzem Waschen des Spurenträgers mit klarem Wasser wird der Versuch erneut durchgeführt.

### **Versuch 4: Vergleich der Superlight 400 mit anderen Tatortlampen:**

- Die im Versuch 1 verwendeten textilen Spurenträgern werden mit den beiden anderen Tatortlampen in selber Art und Weise untersucht und die Ergebnisse verglichen.

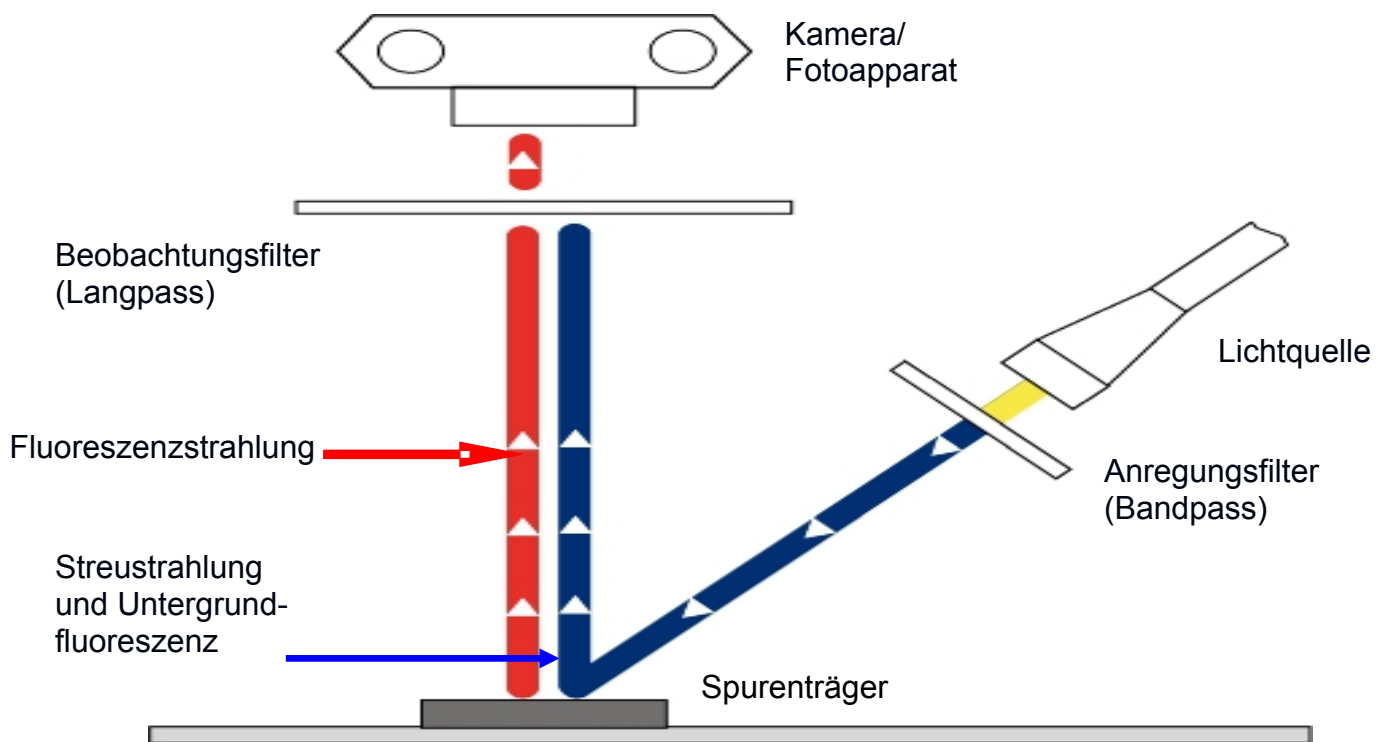
### **Versuch 5: Fallbeispiele**

Um die Superlite 400 unter wirklichkeitsnahen Bedingungen zu testen, wurden aktuelle Fälle aus der Rechtsmedizin München verwendet. Die Spurenträger waren in allen Fällen Asservate in Form von Textilien, die von der Kriminalpolizei zur Untersuchung eingesandt worden waren. Mit Hilfe der Lampe sollten mit bloßem Auge nicht sichtbare Spuren gefunden werden, um ein DNA Muster mit nachfolgend unter Punkt 4.3 beschriebener Methodik zu erstellen.

Aus Datenschutzgründen werden die Fälle hier nur allgemein kurz beschrieben:

- Tötungsdelikt 1 in München  
mit ca. 100 Spuren bzw. Abrieben  
Untersuchung von verschiedenen Bettwäscheteilen auf Blut- und Spermaantragungen
- Verdacht auf fahrlässige Tötung durch Unterlassung, Großraum München  
Untersuchung von Textilien auf ausgewaschene Blutantragungen
- Tötungsdelikt 2 in München  
mit ca. 700 Spuren bzw. Abrieben  
Untersuchung von verschiedenen Kleidungsstücken und anderen Textilien auf Spermaantragungen.

#### 4.2 Versuchsaufbau



Der Spureträger wird mit einer bestimmten Wellenlänge der Superlight 400 bestrahlt. Die exakte Wellenlänge wird durch den Anregungs- bzw. Bandpassfilter erzeugt. Die Spur zeigt durch die Anregung eine bestimmte Fluoreszenz, der Spureträger die so genannte Untergrundfluoreszenz.

Die Beobachtung durch einen geeigneten Langpassfilter führt zur Minimierung bzw. vollständigen Auslöschung der Untergrundfluoreszenz, so dass nur noch die Spur spezifisch leuchtet und somit sichtbar gemacht werden kann.

#### 4.3 DNA-Extraktion, Amplifikation und Detektion

In der Literatur werden viele Extraktionsmethoden beschrieben. Die Auswahl der Methode hängt von der Spurenart bzw. deren Qualität und Quantität ab.

Für die beschriebenen Versuche wurde die Extraktion mit dem Biorobot EZ1(Qiagen, Hilden, Germany) durchgeführt. Hierbei wird die DNA durch speziell beschichtete, magnetische Partikel isoliert.

Für die Analyse der STRs ist ein Zwischenschritt, die Vervielfältigung durch PCR, nötig. Hier wird der Nonaplex - Kit der Firma Biotype AG, Dresden verwendet.

Mit dieser Methode werden die, im Kapitel Spurenkunde beschriebenen, acht Systeme und das geschlechtsbestimmende Merkmal Amelogenin in einem Multiplexansatz gemäß Protokoll des Herstellers amplifiziert. Für die Amplifikation werden ca. 1ng DNA eingesetzt. Durchgeführt wird die PCR auf einem PE 9600 Thermocycler.

Die Analyse der PCR - Produkte erfolgt mittels Elektrophorese in einem Kapillarsystem (3130/ 16 Kapillaren). Zur Fragmentlängenbestimmung bzw. Benennung der Allele wird die automatische Auswertungssoftware Genescan bzw. Genotyper der Firma Applied Biosystems, PE Corporation, Foster City, USA verwendet.



## IV. Ergebnisse

### **1. Auffinden der Spuren auf verschiedenen Trägermaterialien**

Hier wurden die Untersuchungen der Antragungen mit allen Wellenlängen der Superlite 400 (vgl. Kap. III/3a) durchgeführt, um festzustellen, ob es spezifische Detektionswellenlängen und Fluoreszenz bei den unterschiedlichen Sekretpuren im Vergleich zu falsch – positiven Spuren gibt. Zusätzlich wurde stichprobenartig Vortests mittels Sangur<sup>®</sup> Teststäbchen beim Blutnachweis und Phosphatesmo<sup>®</sup> – Teststreifen beim Spermanachweis durchgeführt, um eine Aussage zur Sensitivität zu treffen.

Ein Auffinden aller Spuren war mit UV – Licht möglich. Jedoch war hier keine Möglichkeit die Spuren spezifisch voneinander zu unterscheiden. Ebenso fluoreszierten einige falsch – positive Antragungen mit ähnlichem Leuchtmuster so dass weitere Differenzierung nötig war.

Für die Blutspuren ergab sich eine optimale Detektionswellenlänge von 415nm. Hier zeigte sich eine schwarze bis rötliche Fluoreszenz. Hiermit konnten alle mit bloßem Auge nicht sichtbaren Antragungen wieder sichtbar gemacht werden und die Sichtbarkeit der schlecht erkennbaren Spuren deutlich verbessert werden. Ein zusätzlicher Langpassfilter zur Verbesserung des Kontrastes ist nicht nötig. Verwendet wurde lediglich eine transparente UV – Schutzbrille.

Diese Fluoreszenz und Kontrastierung war vor allem bei den dunklen Textilien zu beobachten, auf denen die Spur ohne die Lampe auf dem Trägerstoff schlecht oder gar nicht zu erkennen war. Die Stärke der Fluoreszenz und des Kontrastes war jedoch bei den verschiedenen Materialien unterschiedlich und teilweise nur für den geübten Betrachter zu erkennen.

Bei den hellen Textilien waren die Antragungen schon mit dem bloßen Auge zu sehen, es zeigte sich dieselbe Art von Fluoreszenz und Kontrastierung wie bei den dunklen Stoffen, aber in einer deutlich stärkeren Ausprägung.

Die Vortests mit Sangur<sup>®</sup> Teststäbchen ergaben bei den frischen Spuren eine schnelle, deutlich positive Reaktion. Nach einer Woche Trocknungszeit ergaben sie mit größerer Verzögerung eine schwächer positive Reaktion.

Bei den Untersuchungen der Spermaspuren ergab die Wellenlänge im Blau von 440 – 470nm eine 100%ige Detektion. Als zusätzliches Hilfsmittel wurde eine Schutzbrille mit einem orangefarbenen Langpassfilter verwendet. Auf hellen Stoffen waren die Spuren ursprünglich nicht zu sehen, auf den dunklen Stoffen ließen sie sich teilweise bei Kenntnis der Spurenlage erahnen. Die Antragungen zeigten mit der Wellenlänge von 450 – 480 nm bei sämtlichen applizierten Mengen von 2 µl - 100µl eine leuchtend weiße Fluoreszenz.

Die Vortests mit den Phosphatesmo® – Teststreifen ergaben ebenfalls bei den frischen Spuren eine deutlich positive Reaktion, nach einer Woche Trocknungszeit mit größerer Verzögerung eine schwächer positive Reaktion.

Den Speichelspuren konnte keine spezifische Detektionswellenlänge zugeordnet werden. Sie konnten zwar zu 100 % mit UVA (320 - 400 nm) sichtbar gemacht werden, jedoch wird dieser Wellenlängenbereich in der Praxis auch für die allgemeine Suche verwendet. Diese Spuren zeigten unter Bestrahlung eine bläulich weiße Fluoreszenz.

Bei den Hautuntersuchungen auf Sperma stellte sich heraus, dass frische Antragungen keine Fluoreszenz zeigten, jedoch diese meist auch ohne Hilfsmittel zu sehen sind.

Nach Austrocknung der Spuren konnten diese ebenfalls mit 440 – 470 nm wieder sichtbar gemacht werden. Zu bedenken ist hier die Hautfarbe und damit die unterschiedlich starke Ausprägung der Fluoreszenz und des Kontrastes.

Die Haarproben mit Sperma zeigten bei sämtlichen Farbtönen eine deutliche Fluoreszenz bei 440 – 470 nm.

Die falsch – positiven Vergleichsspuren zeigten entweder keine Fluoreszenz oder einen signifikanten Farbunterschied im Vergleich zu den forensischen Spuren.

Exemplarische Bilder des Versuches sind im Anhang zusammengefasst.

## **2. Einfluss der Bestrahlung auf die DNA**

Bei der Bestrahlung mit 415nm und einer Lichtaustrittsleistung von 2,0 W bei einem definierten Suchabstand von 30cm konnten keine Unterschiede an den DNA Profilen vor und nach der Bestrahlung festgestellt werden, d.h. eine Degeneration der DNA oder ein Verlust von Allelen nicht nachgewiesen werden.

Selbst bei der, für die Spurensuche unrealistischen, Dauerbestrahlung einer Spur von 15 min. konnte keine Veränderung des Profils festgestellt werden.

Bei einem Abstand der Lichtquelle von unter 5cm zur Probe verbrannten sowohl das Textil als auch die Probe.

Nachfolgend die DNA Profile mit allen Bestrahlungszeiten:

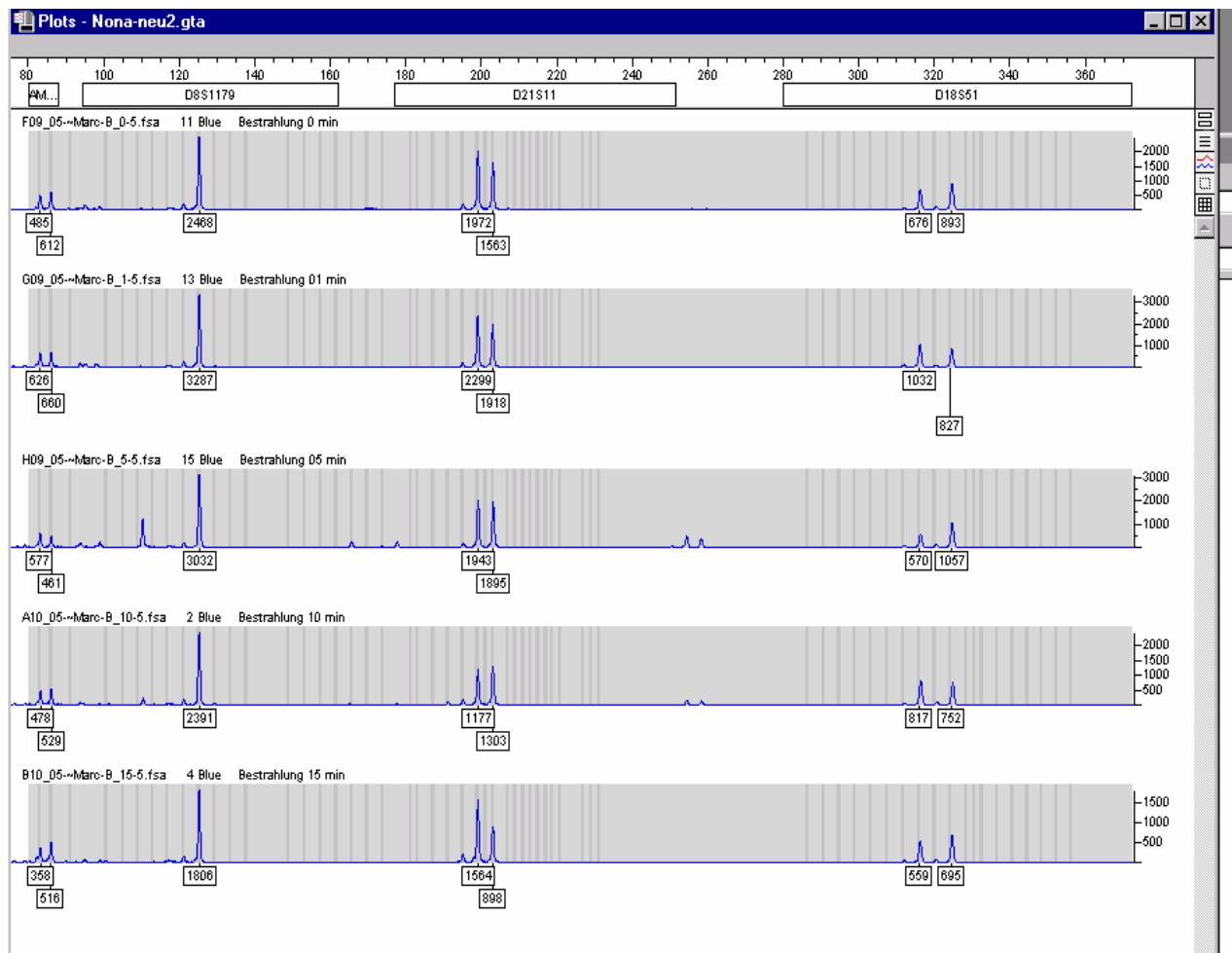


Abb. 14: Screenshot der DNA Analyse, Rechtsmedizin München

### 3. Vergleich der Superlight 400 mit Luminol

Die derzeit gebräuchlichste Methode zur Blutspurensuche am Tatort ist die Verwendung von Luminol. Hiermit können kleinste Spurenmuster sichtbar gemacht werden. Auch an Tatorten, die vom Täter gesäubert wurden, ist es möglich, Spuren wieder sichtbar zu machen.

In dieser Versuchsreihe konnten nach Behandlung mit Luminol alle Verdünnungen bis 1:2000 sichtbar gemacht werden.

Mit der Tatortlampe war es nur möglich, die native Spur und die Verdünnungen bis 1:10 zu detektieren.

Nach kurzer Handwäsche mit klarem Wasser und Lufttrocknung des Spurenträgers, wurde der Versuch erneut durchgeführt.

Das Luminol konnte noch immer alle Verdünnungen sichtbar machen, wogegen die Tatortlampe nur noch die native Spur und die Verdünnung von 1:3 klar sichtbar machte. Die Verdünnung von 1:10 ließ sich nur noch erahnen.

#### 4. Vergleich mit anderen Tatortlampen

Nach Abschluss der Untersuchungen mit der Superlite 400 wurden die, unter Punkt IV/ 1 ermittelten Ergebnisse mit der Polilight und der Projectina SL 350 verglichen.

Die Versuche wurden mit denselben Spureträgern durchgeführt, die bei der Arbeit mit der Superlight 400 verwendet wurden.

Die Untersuchungen mit der Polilight ergab Übereinstimmung in den Wellenlängenbereichen bei der Blut -, Sperma – und Speicheluntersuchung. Jedoch waren, bedingt durch die geringere Lichtausgangsleistung (vgl. Abb.15), die Kontrastierungen und Fluoreszenz der Spuren vom Trägermaterial nicht so deutlich wie bei der Superlight.

Die Untersuchungen mit der SL 350 führten zu unbefriedigenden Ergebnissen. Diese Lampe hat die geringste Lichtaustrittsleistung (vgl. Abb.15), so dass die Kontrastierung und Fluoreszenz der Spuren noch geringer waren, als bei der Polilight und der Superlight 400. Es konnten zwar auch alle Spuren detektiert werden, aber die Sichtbarkeit war auch für den geübten Betrachter deutlich schlechter als bei den anderen beiden Lampen im Versuch.

Die Messung der Lichtaustrittsleistungen in nachfolgender Grafik wurde mit einem Bolometer der Firma Coherent durch die Firma Lumatec in Deisenhofen durchgeführt. Hier sind die Lichtaustrittsleistungen der drei Lampen bei unterschiedlichen Wellenlängen gegeneinander aufgetragen:

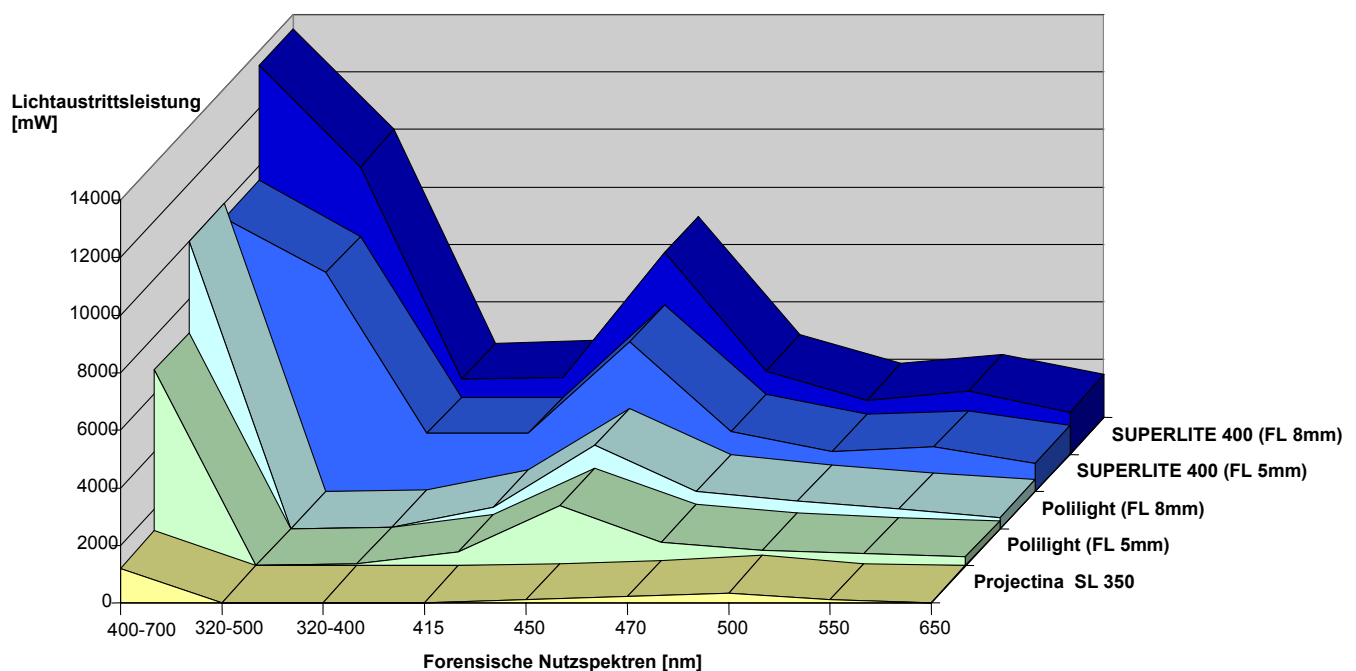


Abb.15: Vergleich der Lichtaustrittsleistungen der Lampen bei verschiedenen Wellenlängen

## 5. Fallbeispiele aus der Rechtsmedizin

Bei allen Fällen wurden die textilen Asservate auf, mit dem bloßen Auge unsichtbare, Sekretantragungen mit der Superlite 400 untersucht. Teilweise wurden die gefundenen Antragungen mit Sangur® und Phosphatesmo Teststäbchen untersucht. Im Anschluss wurden aus diesen Spuren DNA – Profile erstellt.

Die gefundenen und analysierten Spuren bzw. DNA Profile konnten eindeutig, der Polizei als verdächtig bekannten Personen, zugeordnet werden.

Exemplarische Bilder des Versuches sind im Anhang zusammengefasst.

### Tötungsdelikt 1

	Sichtbare Spuren ohne Lampe	Leuchtende Antragungen	Spurenart	Vortests	DNA Profil
Bettbezug 1	0	14	Sperma	teilweise: +	<b>Ja</b>
Bettbezug 2	1	3	Blut + Sperma	Blut: + Sperma: teilweise +	<b>Ja</b>
Handtuch	1	2	Blut + Sperma	Blut: + Sperma: teilweise +	<b>Ja</b>
Stofftuch	2	5	Blut + Sperma	Blut: + Sperma: teilweise +	<b>Ja</b>
Kissenbezug	0	3	Sperma	teilweise +	<b>Ja</b>

### Verdacht auf fahrlässige Tötung durch Unterlassen

	Sichtbare Spuren ohne Lampe	Leuchtende Antragungen	Spurenart	Vortest	DNA Profil
T - Shirt	0	2	Blut	Fraglich positiv	<b>Ja</b>
Hose	-	-	-	-	-

## Tötungsdelikt 2

	Sichtbare Spuren ohne Lampe	Leuchtende Antragungen	Spurenart	Vortests	DNA Profil
Handtuch 1	0	1	Sperma	Negativ	<b>Ja</b>
Handtuch 2	0	2	Sperma	Negativ	<b>Ja</b>
Wäschesack	0	1	-	Negativ	<b>Nein</b> Zu geringe DNA Menge
Slips	<b>0</b>	-	-	-	-

## V. Diskussion

### 1. Vergleich der Superlite 400 mit anderen Tatortlampen

Auf dem Gebiet der technischen Hilfsmittel für die forensische Spurensuche wird seit Beginn des 20. Jahrhunderts experimentiert und geforscht. Durch die zahlreichen Variablen der Spurensuche und im technischen Bereich sind bis heute immer exaktere Detektionsmethoden möglich.

Was sind im Vergleich nun die beeinflussbaren Variablen und durch welche Verbesserungen im technischen Bereich kann die forensische Spurensuche noch exakter erfolgen?

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass es inzwischen möglich ist, Spuren spezifisch durch Einengung der technischen Variablen mit Hilfe der Superlite 400 sichtbar zu machen.

Die generelle Spurensuche erfolgt bis heute mit verschiedenen UV – Leuchten, die sämtliche Antragungen auf verschiedenen Trägermaterialien sichtbar machen. Die ersten Ergebnisse wurden 1919 von Dr. Wood beschrieben, der den Nutzen von UV Licht bei der medizinischen Untersuchung von Sexualdelikten erkannte. Er verwendete bei seinen Versuchen eine UV Lampe der Wellenlänge 360nm um Spuren sichtbar zu machen. Diese Lampe wurde die über die Jahre als „Woods Lamp“ bekannt.

Diese Ergebnisse konnten auch mit dem UV – Bereich der Superlight verifiziert werden. Es zeigte sich durch die höhere Lichtaustrittsleistung im Vergleich eine deutlich verbesserte Spurenerkennung durch Fluoreszenz – und Kontrasterhöhung.

Die bekannte Problematik war aber die Differenzierung der unterschiedlichen Spurenarten, die schon 1927 von Ito (14) thematisiert wurde. Er fand heraus, dass einige Körperflüssigkeiten, wie zum Beispiel Sperma, bei Bestrahlung mit UV – Licht eine Fluoreszenz zeigen. Eine spezifische Aussage über die Spurenart konnte aber nicht getroffen werden.

Vorliegende Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, durch Verwendung von höheren Wellenlängen die unterschiedlichen Spuren spezifisch zur Fluoreszenz zu bringen. Diese Aussage belegten Santucci et al. (32) im Jahr 1999 in ihren Untersuchungen mit der „Woods Lamp“. Demnach war es nicht möglich, Spermaspuren von anderen Sekretpuren spezifisch mit kurzwelligem UV Licht zu unterscheiden. Sie kamen zu dem Schluss, dass die Verwendung einer höheren Wellenlänge bessere Ergebnisse liefern würde und es für geschultes Personal möglich ist, Spermaspuren spezifisch zu erkennen.

Eine weitere Variable bei der Spurensuche sind die Trägermaterialien. Vorliegende Arbeit untersuchte 28 verschieden zusammengesetzte Textilien, die sich in Farbe und Saugfähigkeit unterschieden. Die unterschiedliche Farbe sorgte bei den getrockneten Spuren teilweise für eine Kontrastverschlechterung bzw. ein Verschwinden für das menschliche Auge. Zudem zeigen die unterschiedlich gefärbten Stoffe unterschiedliche Eigenfluoreszenz. Durch die Saugfähigkeit der Textilien wurden die Spuren teilweise komplett vom Trägermaterial aufgenommen und waren somit unsichtbar.

In einer Veröffentlichung von Kobus et al. (19) im Juli 2002 werden diese Hauptprobleme der Eigenfluoreszenz und der Saugfähigkeit der Spurenträger bei der Detektion von Sperma auf Textilien erwähnt.

Wie die Versuche und Ergebnisse mit der Superlite 400 in dieser Arbeit zeigen, lassen sich diese Probleme ebenfalls durch eine hohe Lichtausgangsleistung und durch spezifische Verwendung von Langpassfiltern in Beobachtungsbrillen zur Minimierung der Untergrundfluoreszenz, d.h. Eigenfluoreszenz der Trägermaterialien, in den meisten Fällen lösen.

Unter Berücksichtigung der Variablen von Spurenträger, Lichtaustrittsleistung, Langpassfilter in Beobachtungsbrillen und exakte Wellenlänge bei der Suche, wurden zwei weitere Tatortleuchten in dieser Arbeit verglichen.

Die Polilight der Firma Rofin, Australia ist derzeit die am häufigsten verwendete Tatortlampe auf dem Markt. 1991 beschreibt eine Studie von Stoilovic (34) die Verwendung der Polilight bei der Detektion von Blut- und Spermaspuren. Hier werden erstmals spezifische Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche für die Blut- (415nm) und Spermaspurenuche (300 – 480nm) genannt. In Anlehnung an diese Erkenntnisse veröffentlichte Marshall et al. (25) im April 2001 eine firmeneigene Studie über die praktische Arbeit mit der Polilight. Wie Santucci et al. in ihrer Studie schon vermuteten, wären bessere Ergebnisse mit höheren bzw. spezifischeren Wellenlängen zu erzielen. Diese Variablen wurden in der Studie von Marshall et al. weiterverarbeitet. Sie untersuchten Spuren auf Textilien, menschlicher Haut und Haaren. Durch die Entwicklung der Polilight mit einer höheren Lichtausgangsleistung und exakten Filtern für höhere Wellenlängen wurden bessere Resultate erzielt. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass bei einer Wellenlänge von 415 +- 40nm und bei Verwendung eines Langpassfilters zur Erhöhung des Kontrastes eine spezifische Spermafluoreszenz zu beobachten ist.

Die Vergleichsversuche mit der Polilight in dieser Arbeit wurden gemäß der Anleitung, die sowohl von Stoilovic als auch von Rofin, Australia gegeben werden, durchgeführt.



Bei der Untersuchung auf Spermaspuren konnten die Ergebnisse der o. a. Studien nur bedingt bestätigt werden. Die Spuren konnten auf allen Trägermaterialien nur zu einem Teil, mit einer schwachen Fluoreszenz sichtbar gemacht werden.

Bei der Blutuntersuchung konnten die erwähnten Ergebnisse ebenfalls nur bedingt verifiziert werden. Es zeigte sich eine schlechtere bzw. schwächere Fluoreszenz und somit Sichtbarkeit als bei Stoilovic und Marshall et al. beschrieben.

Zum Einen könnten die abweichenden Ergebnisse zum Teil durch Unterschiede in der Saugfähigkeit der Textilien und durch höhere Spurenmengen in den Untersuchungen der anderen Autoren erklärt werden.

Zum Anderen lassen sie sich durch Betrachtung der technischen Variablen erklären. Im Vergleich zur hier verwendeten Superlight 400 hat die Polilight zum einen eine schwächere Lichtaustrittsleistung (vgl. Abb15 der Ergebnisse) und zum anderen ist ein Wellenlängenunterschied, insbesondere bei den Spermauntersuchungen, zu erkennen.

Diese geringere Lichtaustrittsleistung und die zu ungenauen bzw. breiten Filterbanden führen zu den schlechteren Ergebnissen bei Verwendung der Polilight im Vergleich zur Superlite 400.

Die technischen Verbesserungen der Superlite 400 ergeben somit eine deutlich verbesserte Fluoreszenz. Die Kontrasterhöhung durch Verringerung bzw. Ausschaltung der Untergrundfluoreszenz konnte durch spezifisch verwendete Langpassfilter in den Beobachtungsbrillen erreicht werden.

Zu der in den Vergleichsmessungen verwendeten Tatortlampe SL 350 der Firma Projectina, Schweiz konnten keine Veröffentlichungen gefunden werden.

Die Vergleichsexperimente dieser Arbeit zeigen jedoch schlechtere Ergebnisse in Bezug auf Auffinden und der erreichten Fluoreszenz der Spuren als mit der Polilight und der Superlite 400 der Firma Lumatec.

Begründen lässt sich dies durch die nochmals geringere Lichtausgangsleistung (vgl. Abb. 15 unter Punkt 4 der Ergebnisse) und die zu breiten, d.h. noch ungenaueren Wellenlängenbereiche der einzelnen Filter.

Die in dieser Arbeit untersuchte Tatortlampe Superlite 400 hat im Vergleich zu den beiden anderen Lampen die höchste Lichtausgangsleistung und ermöglicht eine sehr genaue Eingrenzung der gewünschten Wellenlängen mit Hilfe der verwendeten Filter. Die gemessenen Filterbanden sind im Vergleich zu den anderen Lampen auch weiter verbessert worden. Aufgrund der jetzt verfügbaren höheren Leistung und der exakteren Filter lassen sich sowohl Fluoreszenz als auch die Kontrastierung der Spuren vom Untergrund besser darstellen als mit den verglichenen Tatortlampen. Auch Spurenmaterial im  $\mu\text{l}$  – Bereich lässt

sich nun mit der zusätzlichen Verwendung der Langpassfilter zur Erhöhung des Kontrastes und Minderung der Untergrundfluoreszenz detektieren.

Die Ergebnisse in Kapitel IV/1. zeigen, dass mit der Superlite 400 eine spezifische Wellenlänge im Blau von 440nm – 470nm für die Detektion von Spermaspuren gefunden werden konnte. Diese Detektionswellenlänge erbrachte auf allen Spurentägern verbesserte Ergebnisse und erleichtert in der praktischen Arbeit das Auffinden von Spuren. Verdeutlicht wird dies unter Berücksichtigung der Ergebnisse bei den realen Tatortspuren unter IV/5. Hier war es möglich zusätzliche zunächst für das bloße Auge unsichtbare Spuren sichtbar zu machen und in der Folge DNA-Profil zu erstellen.

Bei der Blutuntersuchung hat sich der, von Rofin Australia angegebene, Blutfilter von 415nm bestätigt. Jedoch muss man sagen, dass durch die rötliche bis schwarze Fluoreszenz der gefundenen Blutspuren, die Sichtbarkeit bzw. der Kontrast auf dunklen und schwarzen Textilien eingeschränkt ist und nur für geübte Anwender zu unterscheiden ist. Auf hellen Trägermaterialien sind Blutspuren ohnehin sichtbar, jedoch erlaubt die Untersuchung mit der Tatortlampe die Minimierung der Nachtestung von falsch positiven Spuren ähnlichen Aussehens. Ein geübter Untersucher ist in der Lage solche minimal unterschiedlichen Farbnuancen spezifisch zuzuordnen und zu entscheiden, ob es sich um eine forensisch relevante Spur handelt könnte.

Somit ist durch Bestätigung dieser spezifischen Detektionswellenlänge von 415nm eine Beschleunigung bzw. Vereinfachung der Arbeitsschritte möglich.

Die Untersuchung der Speicherspuren ergab keinen spezifischen Filter als Detektionswellenlänge. Diese Spuren können generell mit UV – Licht zur Fluoreszenz gebracht werden. Dies bedeutet aber, dass ein spezifischer Nachweis von Speichel mit einer bestimmten Wellenlänge der Lampe nicht möglich ist. Hier müssen weitere Vortests zur Verifizierung und Eingrenzung der Spurenart angewendet werden.

Eine weitere Variable ist auch die Spurenbeschaffenheit. Handelt es sich um frisches oder älteres, schon eingetrocknetes Material?

Gabby et al. (11) berichteten im Jahr 1992 über die Verwendung der „Woods Lamp“ bei der spezifischen Detektion von Spermaspuren auf menschlicher Haut. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Intensität der Fluoreszenz von Sperma nach 28h erheblich nachlässt. Die Fluoreszenz von Urin war jedoch bis zu 80h nachweisbar.

Dass die Fluoreszenz von Sperma in dieser kurzen Zeit wieder nachlässt konnte in vorliegender Arbeit nicht bestätigt werden (vgl.IV/1). Die Spuren wurden wie unter III/4.1 erwähnt eine 1 Woche luftgetrocknet und dann getestet.

Vielmehr zeigte sich durch die Tatortlampe bei frischen Spermaspuren auf menschlicher Haut nur eine Kontrastverbesserung, da sie meist auch mit bloßem Auge sichtbar waren.

Erst die getrocknete Spur zeigte bei Bestrahlung die in den Ergebnissen beschriebene weißliche Fluoreszenz.

Unter Kenntnis und Berücksichtigung der einzelnen genannten technischen Variablen in der Entwicklung der Superlite ist nun ein weiterer Schritt für die Verbesserung der Spurenerkennung und der praktischen Tatortarbeit gelungen. Dies belegt auch eine Veröffentlichung der bayrischen Polizei, in der die erfolgversprechende praktische Arbeit beschrieben wird. Der Autor beschreibt ebenfalls die diskutierten Schwierigkeiten beim Erkennen fluoreszierender Spuren, kommt jedoch zu dem Schluss, dass durch eben die Weiterentwicklung der beschriebenen technischen Variablen in der Superlight ein großer Schritt für die genauere Spurenerkennung und somit für die praktische Tatortarbeit getan werden konnte. (9)

## **2. Einfluss der Bestrahlung auf die DNA**

Die gängige Literatur der Physik, der Biochemie und auch Veröffentlichungen der Medizin beschreiben eine Degradation von DNA durch UV-Licht. Im Lehrbuch der Biochemie und Pathobiochemie von Löffler und Petrides (22) wird diese Mutation als physikalische Cancerogenese bezeichnet. Bei Exposition der DNA in lebenden Zellen mit UV-Licht bilden sich charakteristische Pyrimidindimere, wobei nicht reparierte Cytosinreste durch Thyminbasen ersetzt werden. Diese Mutation tritt praktisch nur bei der Exposition mit UV – Licht auf. Bei der DNA im Spurenmaterial können diese Veränderungen natürlich nicht mehr auftreten. Hier geht man vor allem von Degradation der DNA durch Strangbrüche aus.

Die Frage war daher, ob die Bestrahlung der verschiedenen forensischen Spuren mit den unterschiedlichen Wellenlängen der Tatortlampen einen Einfluss auf die Qualität und Quantität der DNA und auf die in der Folge zu erstellende Profile hat.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass bei unterschiedlichen Expositionszeiten keine Veränderung der DNA – Profile bzw. eine bemerkbare Degradation der DNA festgestellt werden konnte.

Die Versuchsreihen der vorliegenden Arbeit orientierten sich in Bezug auf die Bestrahlungszeiten an einer vorhandenen Studie des forensischen Labors der Londoner Polizei von Anderson et al (1) aus dem Jahr 1997. Sie untersuchten den Effekt von Lichtquellen auf die DNA Extraktion bei Blutflecken. Auch hier wurden die DNA Profile nach der Bestrahlung mit der PCR Methode erstellt und mit einer unbestrahlten Vergleichsprobe verglichen. Anderson et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Exposition der

Blutspuren mit den unterschiedlichen Wellenlängen keinen Einfluss auf die Qualität der DNA Profile hat. Dennoch erwähnen die Autoren, dass kurzwelliges UV Licht einen negativen Einfluss auf die Analyse haben könnte.

Durch die Vergleichsuntersuchungen dieser Arbeit kann man sagen, dass dieser negative Einfluss des kurzwelligen UV Lichts wohl durch die bis zu fünffache Lichtaustrittsleistung im Vergleich zu anderen Wellenlängen auftreten kann(vgl. Filterspektren im Anhang).

Jedoch beziehen sich Anderson et al. auch auf zwei weitere Versuchsreihen aus den Jahren 1989 von Lee et al. und 1993 von Shipp et al. Die erste Veröffentlichung von Lee untersuchte den Effekt einer 5 minütigen Bestrahlung mit einem Argon Laser auf die Qualität der DNA Profile. Hier wurden keine negativen Effekte festgestellt. Die zweite Studie von Shipp untersuchte, bei gleicher Fragestellung, die Ergebnisse bei der Bestrahlung mit weißem Licht. Auch hier wurden keine negativen Effekte beschrieben.

Sowohl ein Argon Laser, als auch weißes Licht haben die vorher erwähnte bis zu fünffach höhere Lichtaustrittsleistung. Somit zeigt sich durch die Untersuchungen in vorliegender Arbeit im Vergleich zu den erwähnten Studien, dass die Bestrahlung, einen gewissen Abstand vorausgesetzt, keinen Effekt auf die DNA hat.

Die Lichtaustrittsleistung der hier verwendeten Tatortlampe Superlite 400 war im Vergleich noch stärker als bei der Versuchreihe von Anderson et al., die unter anderem mit der Polilight von Rofin Australia durchgeführt wurden (vgl. Abb15: Messung der Lichtaustrittsleistung im Kapitel Ergebnisse).

Zusätzlich muss erwähnt werden, dass eine Expositionzeit von 15min in der Praxis wohl nie vorkommen wird. Da selbst bei dieser irrationalen Bestrahlungszeit keine Degradation der DNA festgestellt werden konnte, lässt sich mit Sicherheit sagen, dass die Verwendung von Tatortlampen bei der Spurensuche keinen Effekt auf die Quantität und Qualität der DNA und der zu erstellenden Profile hat.

Jedoch muss, bedingt durch die hohe Lichtausgangsleistung und der dadurch entstehenden Wärme, darauf geachtet werden, dass der Lichtleiter einen gewissen Abstand zum Spureträger hat. Bei einem Abstand unter 5cm verbrennen die untersuchten Materialien und somit wird auch die Spur für weitere Untersuchungen unbrauchbar. In der praktischen Arbeit am Tatort und im Labor hat sich ein Abstand von ca. 20 – 30 cm für das Auffinden von Spuren bewährt.

### 3. Chemische Vortests

Die in dieser Arbeit und in der forensischen Praxis häufig eingesetzten Vortests sind der Blutnachweis mit Hilfe der Sangur<sup>®</sup> Teststäbchen, der Spermanachweis mittels Phosphatesmo<sup>®</sup> – Teststreifen (Nachweis der sauren Phosphatase = AP) und der wesentlich aufwendigere Blutnachweis durch Luminol.

Welche Sensitivität haben die Teststäbchen und das Luminol bei Vorliegen einer geringen Spurenmenge, hohen Verdünnungen oder bei Untersuchungen von frischem im Vergleich zu älterem Spurenmaterial?

In vorliegender Arbeit zeigten sich bei den teilweise durchgeführten Vortests mit Phosphatesmo<sup>®</sup> und Sangur<sup>®</sup> Teststreifen (vgl. Ergebnisse Nr. 1 und 5) teils positive, teils negative Reaktionen. Bei den stichprobenartig durchgeführten Vortests auf den Textilien zur Untersuchung mit der Superlite 400 ergaben sich bei bekanntem Spurenmaterial nach der Trocknungszeit von einer Woche unterschiedliche Ergebnisse. Auch bei den Vortests der Tatortspuren konnten trotz negativen oder fraglich positiven Tests in der Folge DNA Profile erstellt werden.

Betrachtet man die Variablen Menge, Verdünnung und Alter der Spur lassen sich diese Ergebnisse erklären.

Die hohe Blutmenge von 20 µl in Versuch1 führt durchwegs zu einem positiven Ergebnis. Bei Nachtestung nach einer Woche Trocknungszeit lässt die Sensitivität nach. Die gleiche Beobachtung wurde bei der Blutverdünnung von 1:10 und bei den Spermaproben gemacht. Der entscheidende limitierende Faktor ist in diesem Fall wohl das Alter der Spuren.

Bei Untersuchung der realen Tatortspuren stand teilweise eine geringere Spurenmenge wie in den Abb.16 und 17 zur Verfügung.



Abb.16: Spur ohne Bestrahlung

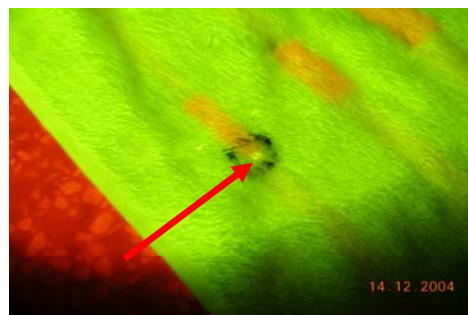


Abb.17: Spur bei Bestrahlung

Hier konnte trotz negativem Vortest ein DNA Profil erstellt werden. Als weiterer limitierender Faktor kommt hier die Spurenmenge in Betracht.

Die Abhängigkeit der Vortests von der Spurenmenge und dem Alter untersuchten Khaldi et al. (17) im Jahr 2004. Sie verglichen drei Schnelltests auf die Parameter Zeit und Effekt bei

unterschiedlicher Spermakonzentration. Gemessen wurden frische Spermaproben und Proben, die jeweils 24h, 48h und 72h getrocknet wurden. Zum Einsatz kamen die Phosphatesmo<sup>®</sup> Teststreifen, der Diff-Quick<sup>®</sup> und der PSA – Check 1<sup>®</sup> Test.

Sie kommen zu dem Schluss, dass Sperma durch Mikroskopie bis zu 72h, durch den PSA – Test bis zu 48h und durch die Phosphatesmo<sup>®</sup> Teststreifen nur sicher bis zu 24h nachgewiesen werden kann. Trotz dieser Zeitangaben plädieren die Autoren dafür, auch bei negativem Schnelltest, weiterführende Untersuchungen in Betracht zu ziehen.

Ein negativer Einfluss der Teststäbchen auf die DNA Qualität und Quantität konnte in vorliegender Arbeit nicht festgestellt werden. Aus den gefundenen Spuren aus den realen Fällen konnte, bis auf eine Spur, ein eindeutiges DNA Profil erstellt werden. Bei dem negativen Fall handelte es sich um zu geringe DNA Menge, die nicht zur Profilerstellung ausreichte.

Diese Erkenntnisse gibt auch eine Veröffentlichung des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Bern von S. Liechti – Gallati und U. Borer (21) wieder. Sie befassten sich mit der Frage der Qualität und Quantität der DNA beim Einsatz von Sangur<sup>®</sup> und Phosphatesmo<sup>®</sup> Teststreifen auf Blut – bzw. Spermaspuren. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die Testpapiere bei Kontakt mit den Spuren keinen Einfluss auf die Qualität und Quantität der DNA und der im Nachhinein erstellten Profile haben.

Da jedoch die Gefahr der Kontamination immer gegeben ist, raten die Autoren, dass diese Vortests nur bei Vorliegen von einer größeren Menge von Spurenmaterial oder nur mit einem Teil der vorliegenden Spur angewendet werden sollten.

Bei den durchgeführten Vergleichsversuchen der Superlite 400 mit Luminol in dieser Arbeit (vgl. Kapitel Ergebnisse Nr. 3) zeigte sich eine hohe Sensitivität dieses Vortests, da alle Verdünnungen durch Luminol wieder deutlich sichtbar gemacht werden konnten. Die Tatortlampe war hier deutlich unterlegen. Auch nach Handwäsche mit klarem Wasser konnten durch das Luminol alle Spuren wieder sichtbar gemacht werden. Die Superlite zeigte auch hier ein schlechteres Ergebnis.

Zu diesem Ergebnis für das Luminol kommen auch zwei Studien von Quickenden et al. und Creamer et al. aus dem Jahr 2004 bzw. 2005. Sie untersuchten zum einen den Effekt des Waschens von Textilien auf den Luminolnachweis. Bei saugfähigen Materialien konnte nur die Oberfläche sichtbar gereinigt werden. Das Blut bzw. Hämoglobin im Inneren des Materials fluoreszierte auch nach dem Waschen. Bei nicht saugfähigen Materialien konnte teilweise ein Verschwinden der Fluoreszenz beobachtet werden (27). Zum anderen verglichen sie 2005 Unterschiede in der Luminolreaktion nach Reinigung von blutverschmierten Fliesen mit klarem Wasser oder Bleichmitteln. Bei Wasser konnte erst

nach 14 Reinigungsschritten keine Luminolfluoreszenz mehr nachgewiesen werden. Das Bleichmittel erzeugt eine nahezu gleiche Fluoreszenz wie Hämoglobin und verschwindet gemäß den Autoren erst nach ca. 8h. (7)

Dass jedoch auch bei Luminol falsch – positive Ergebnisse erzielt werden können zeigte eine andere Veröffentlichung von Quickenden et al. Hier untersuchten sie die Fluoreszenz von Lebensmitteln, Oberflächen und im Haushalt oder Industrie verwendeten Lösungen. Hier zeigte sich, dass einige Materialien keinen Unterschied in der Fluoreszenz im Vergleich zu Blut zeigten. (26)

Dies beweist, dass auch ein positiver Nachweis durch Luminol keine 100%ige Gewissheit auf die Anwesenheit von Blut geben kann.

Die Qualität und Quantität der DNA nach der Behandlung mit Luminol wurde in dieser Arbeit nicht überprüft. Jedoch zeigen Studien von Budowle et al. und Della Manna et al. aus dem Jahr 2000, dass die Behandlung mit Luminol keinen wesentlichen Effekt auf die nachfolgende Erstellung von DNA Profilen haben.

Dies zeigt, dass auch die chemischen Vortests keine 100%ige Sicherheit über das Vorhandensein von forensisch relevanten Spuren geben können. Bei Beachtung der erwähnten Variablen können jedoch primär unsichtbar Spuren durch Kombination der chemischen und technischen Vortests entdeckt werden und dadurch weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden.

#### **4. Schlussfolgerung**

Wie in allen Bereichen der Medizin finden auch in der forensischen Spurensuche ständig Weiterentwicklungen statt. Durch das immer größer werdende Wissen der Täter bei der Spurenbeseitigung ist es von immenser Wichtigkeit, auch kleinste Spuren zu finden und zu sichern. Potentielle Straftäter bekommen durch die Medien immer wieder Einblicke in die Tatortarbeit und die Spurensuche. Dadurch erhalten sie direkt und indirekt Tipps und Hinweise, wie sie die Arbeit der Polizei und der Rechtsmediziner erschweren können.

Durch die stete Weiterentwicklung der Tatortlampen ist es möglich, selbst minimale Hinweise auf Täter zu entdecken. Diese Methodik spart den Ermittlern viel Zeit und minimiert das Übersehen von wichtigen Spuren zur Aufklärung von Verbrechen.

Die Detektion der Spuren ist das erste Glied in der Kette der Untersuchung, um in der Folge DNA Analysen zur Aufklärung der verschiedensten Verbrechen durchführen zu können.

Wie diese Arbeit zeigt, gibt es spezifische Detektionswellenlängen für Blut (415nm) und Sperma (440nm-470nm). Für Speichel konnte keine spezifische Detektionswellenlänge gefunden werden.

Die Versuche und Vergleiche in dieser Arbeit zeigen, wie wichtig es ist, Licht mit hoher Intensität und möglichst exakte Filter der gewünschten Detektionswellenlänge zu Verfügung zu haben.

Diese Voraussetzungen geben größtmögliche Sicherheit bei der Detektion und Differenzierung kleinster Spuren.

Den praktischen Nutzen der Tatortlampe Superlite 400 zeigte die Untersuchung der Kriminalfälle in dieser Arbeit. Dadurch war es möglich primär für das bloße Auge unsichtbare Spuren zu detektieren und in der Folge DNA Profile zu erstellen. Ohne die Untersuchungen mit der Tatortlampe wären diese Beweise unentdeckt geblieben.

Wie die verschiedenen Studien aus der Diskussion zeigen, bringen die anderen erwähnten Vortests isoliert auch keine 100%ige Sicherheit über die Beschaffenheit von Spuren. Durch eine sinnvolle Kombination der Detektionsmethoden ist jedoch eine größtmögliche Sicherheit gegeben und die anschließenden DNA Analysen geben dann endgültige Klarheit.

Abschließend kann man festhalten, dass die Voruntersuchungen mit einer leistungsstarken Tatortlampe in Kombination mit den anderen Vortests, speziell bei großen Spurentägern oder kleinsten Antrugungen, Zeit spart und das Übersehen von wichtigen Beweisen minimiert.



## VI. Anhang

1. **Inventarliste Spureträger**
  
2. **Messprotokolle Filterspektren**
  
3. **Bildmaterial**
  - a Beispiele Sperma
  - b Beispiele Blut
  - c Beispiele Speichel
  - d Tatortspuren

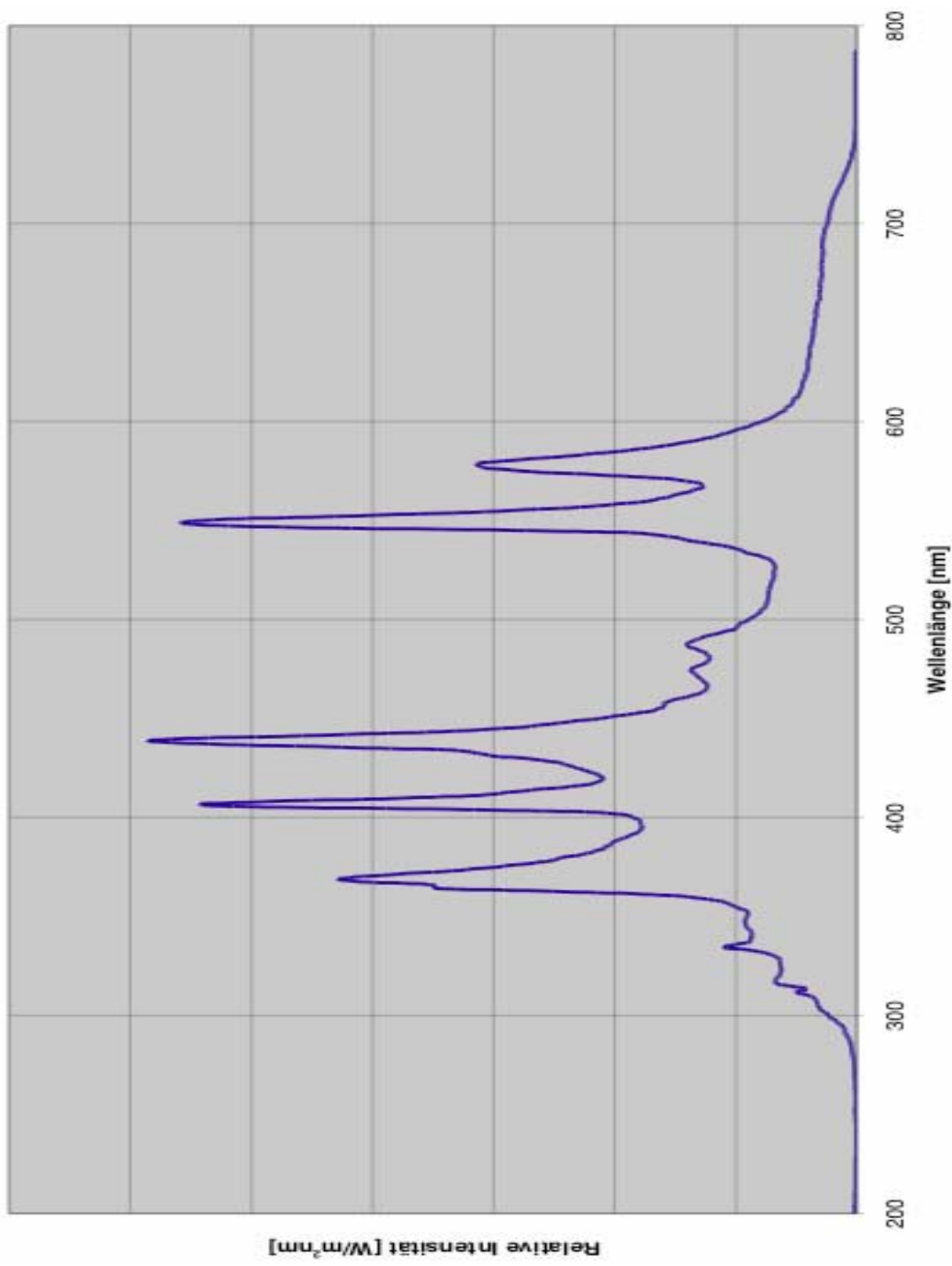
Kleidungsstück	Farbe	Stoffart
<b>HELLE Stoffe</b>		
Jeans	hellblau	100% Baumwolle
Karohose	gelb / blau	“
Handtuch	hellgrau	“
Bettlaken	beige	“
Bettlaken	rosa	“
T – Shirt	Weiß	“
Pullover	orange	“
Teppich	hellgrau	100% Wolle
Skianzug	rot	100% Polyamid
Teppich	beige	100% Polyamid
Wäschesack	hellgrau	80% Polyamid; 20% Polyacryl
Sofabezug	weiß glänzend	80% Polyester; 20%BW
Handtuch	hellbau glänzend	80% Polyester; 20% Polyamid
Wildleder	hellbraun	Leder
<b>DUNKLE Stoffe</b>		
Kapuzenpullover	blau	100% Baumwolle
Cordhose	dunkelblau verwaschen	“
T – Shirt	Aubergine	“
Pullover	schwarz	100% Schurwolle
Pullover (Nikki)	balu	80% BW; 20% Polyester
Skianzug	blau	100% Polyamid
Teppich	dunkelgrau gemustert	100% Polyamid
Weste	schwarz	65% Polyacryl, 15% Wolle 15% Polyester, 5% Nylon
Sweatshirt (Nikki)	blau	55% BW, 20% Polyamid, 25% Viscose
Sofabezug	Dunkelbraun	60% Polyester; 40% BW
Sofabezug	blau + helles Muster	“
Filz	schwarz	
Sofabezug	blau + dunkles Muster	Leinen
Teppich	rost	Sisal

**Weitere Materialien:**

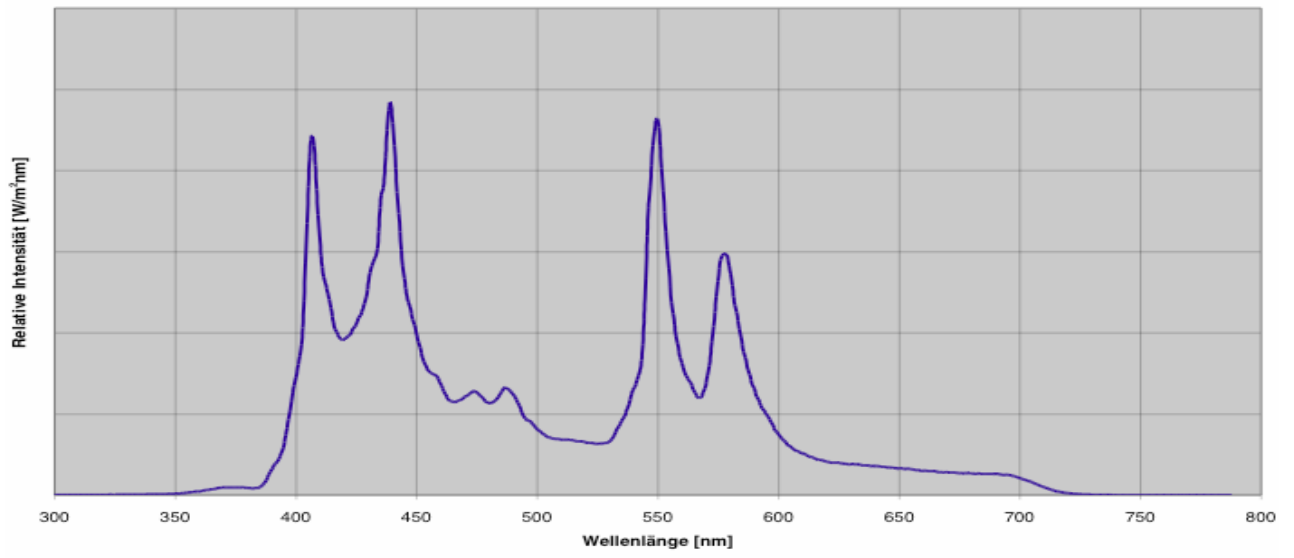
- menschliche Haut
- menschliche Haare: blond bis schwarz
- Wattetupfer zur Spermauntersuchung

## Meßprotokolle der Filterspektren der Superlite 400

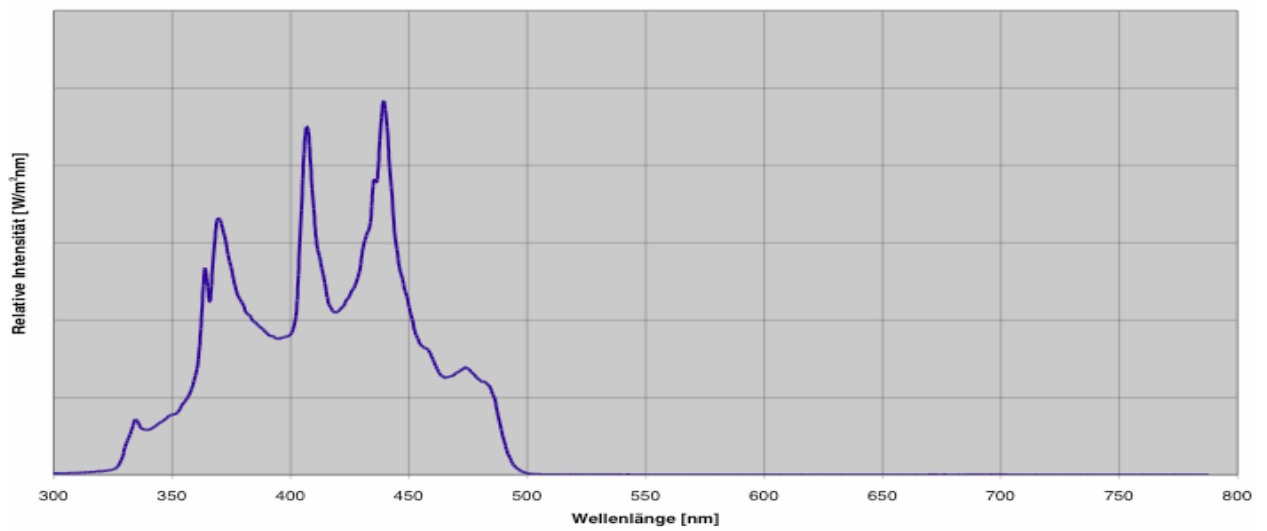
**SUPERLITE 400: Gesamtspektrum**



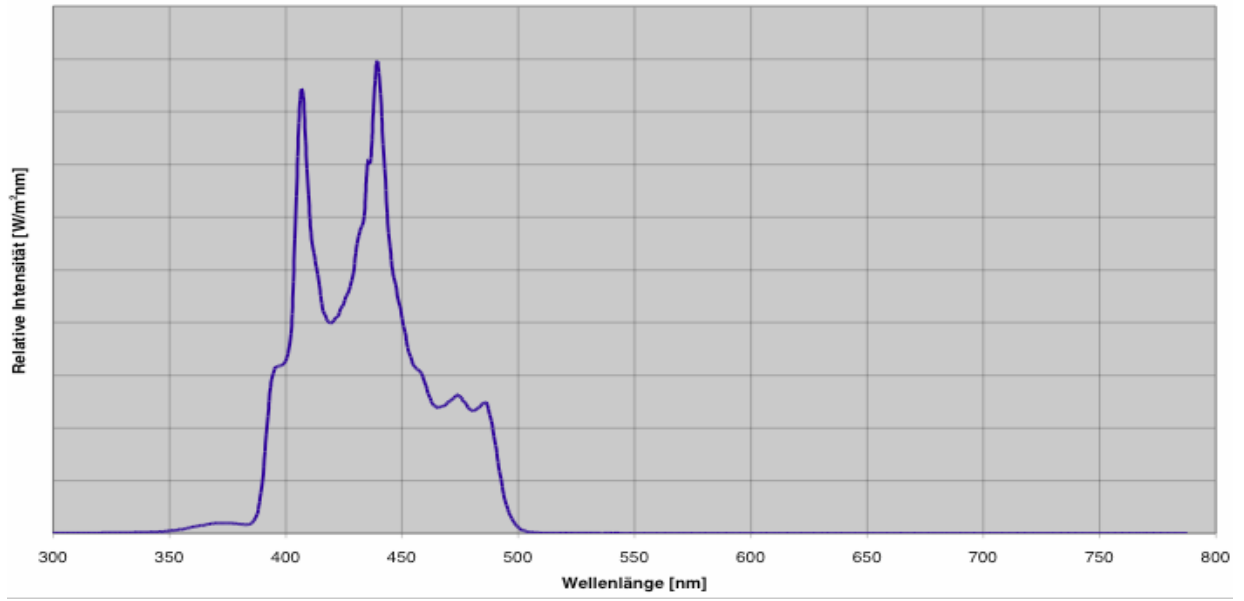
**SUPERLITE 400: Filter Weiss**



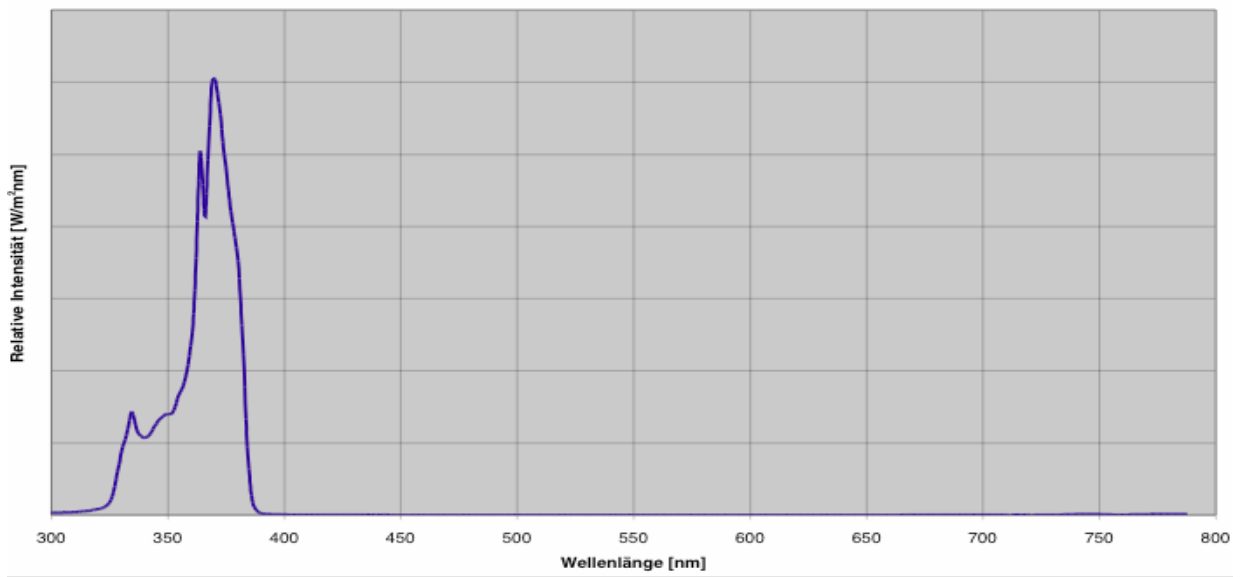
**SUPERLITE 400: Filter UVA + Blau**



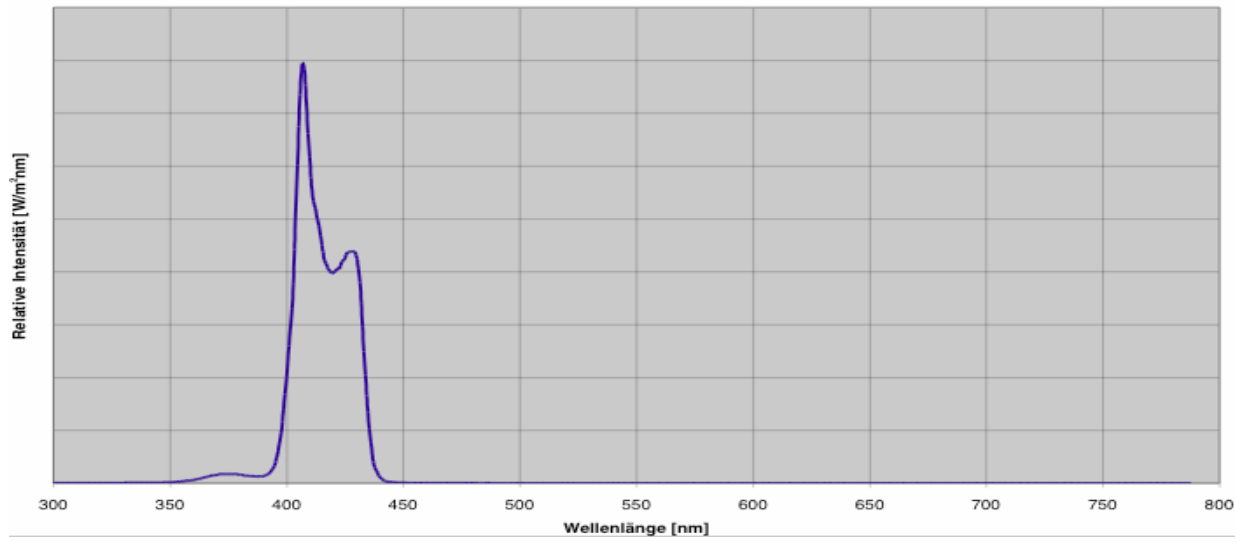
**SUPERLITE 400: Filter Blau**



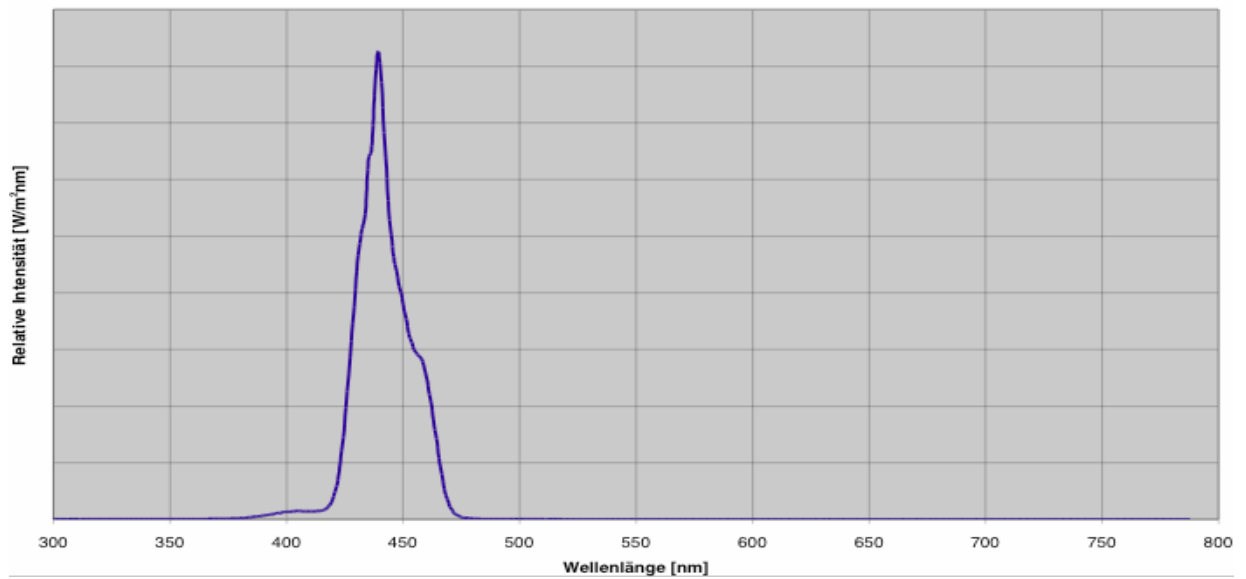
**SUPERLITE 400: Filter UVA**



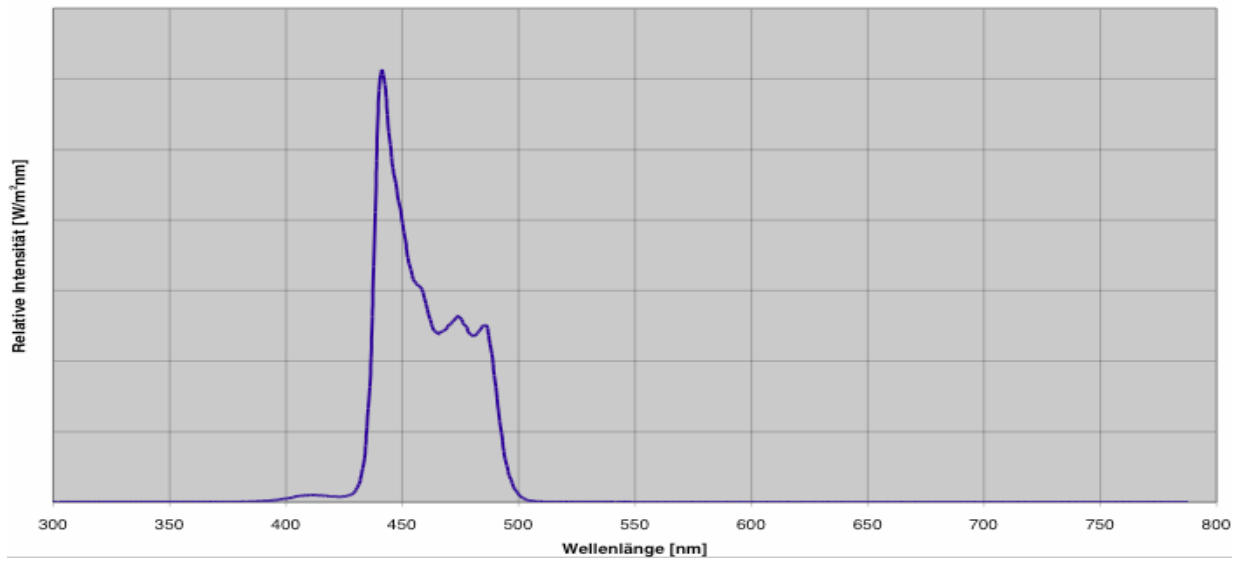
**SUPERLITE 400: Filter 415nm**



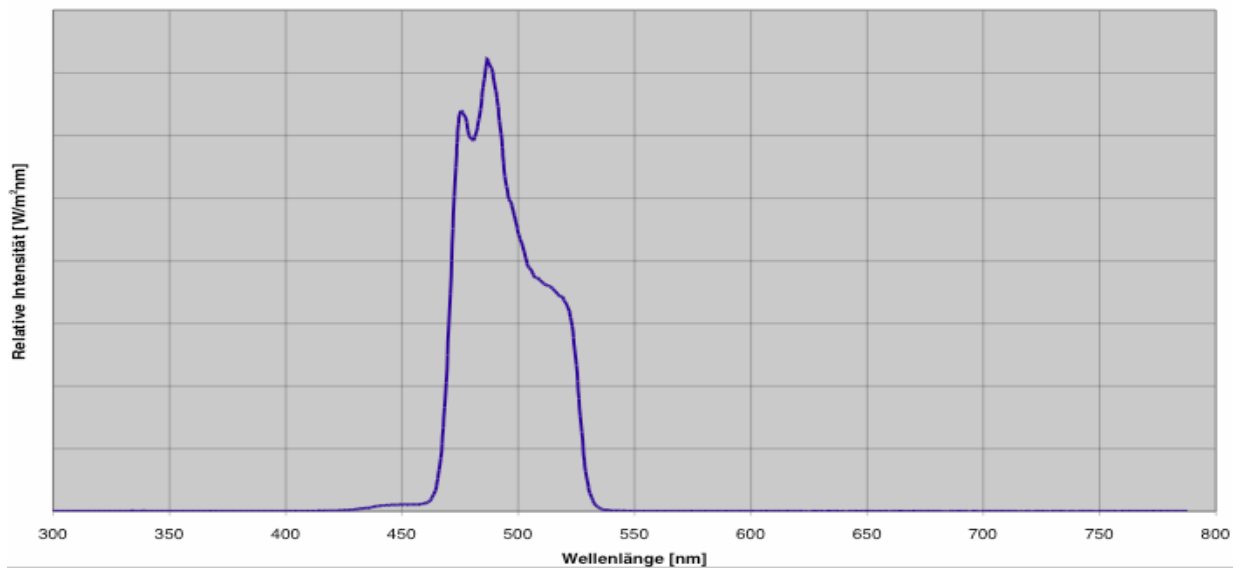
**SUPERLITE 400: Filter 440nm**



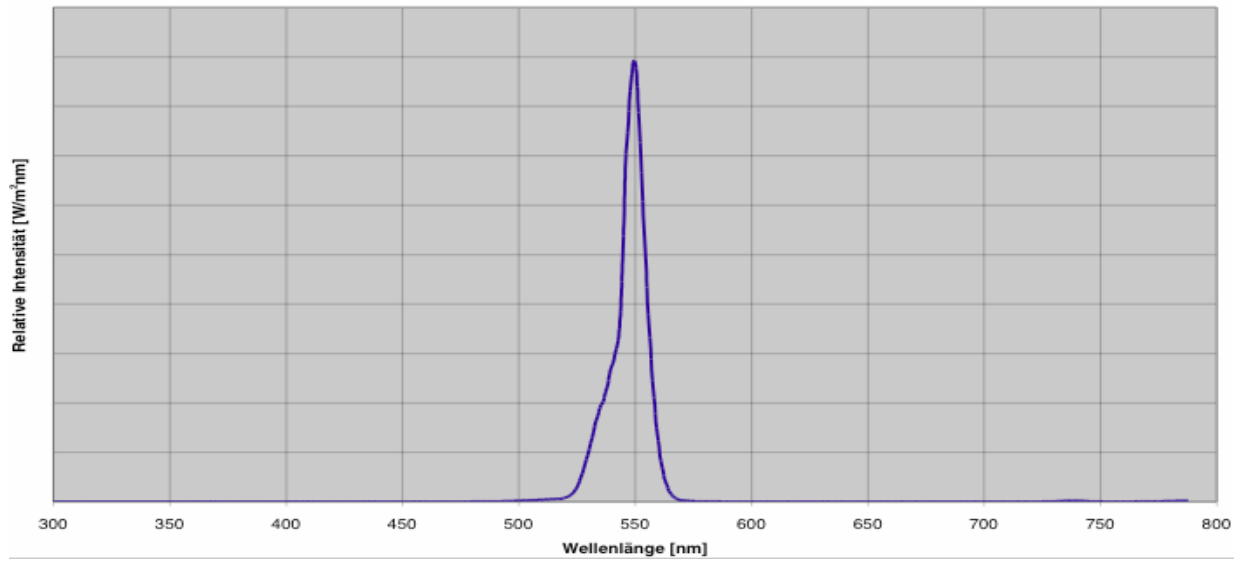
**SUPERLITE 400: Filter 460nm**



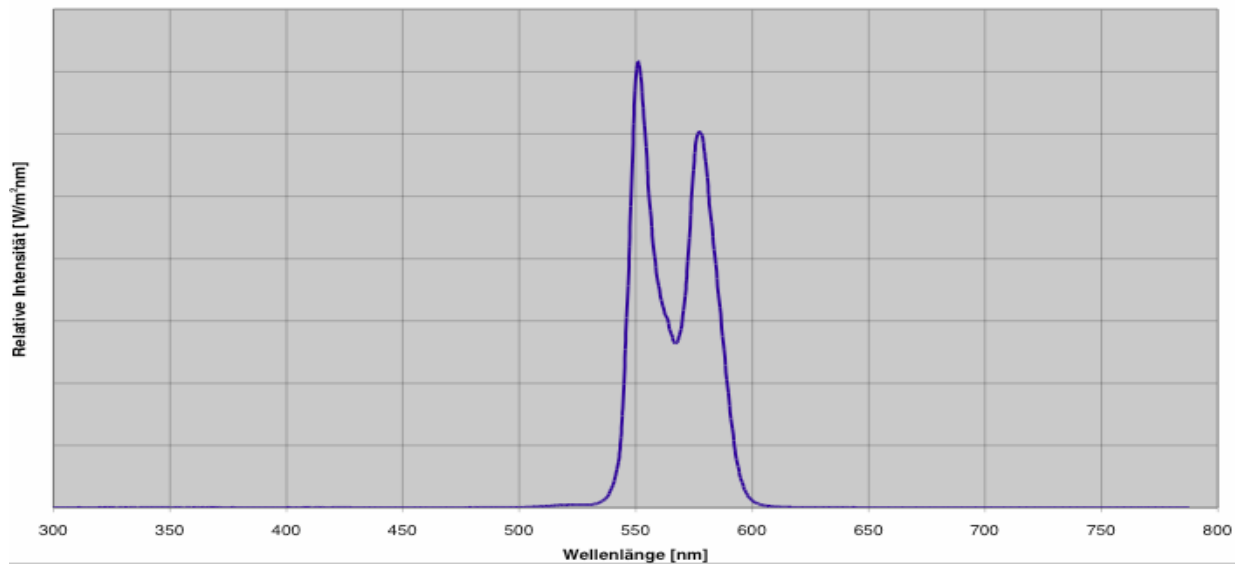
**SUPERLITE 400: Filter 490nm**



**SUPERLITE 400: Filter 550nm**



**SUPERLITE 400: Filter 570nm**





Beispielbilder

Spermaspuren



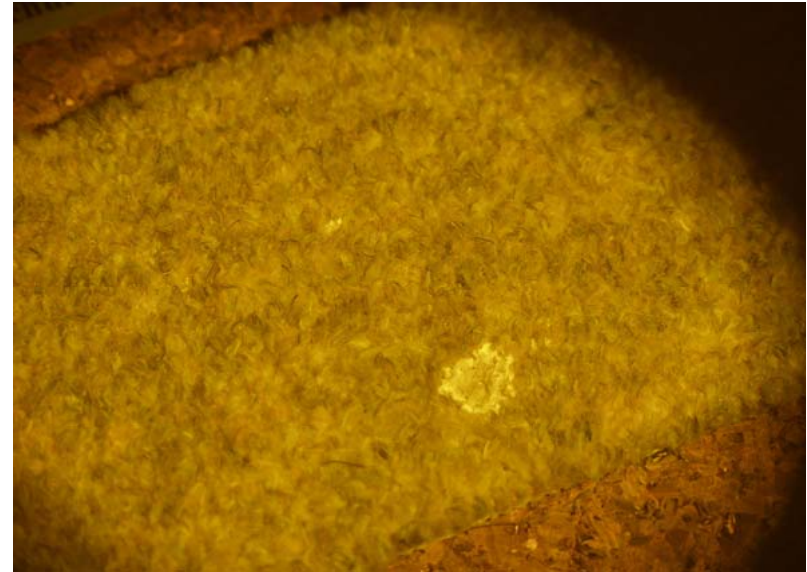
Spermafleck im Normallicht



Spermafleck unter Bestrahlung von 450 nm



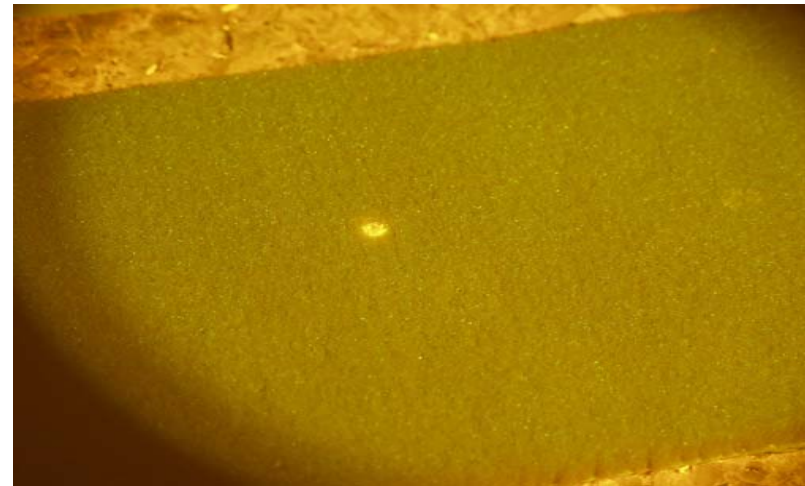
Spermafleck im Normallicht



Spermafleck unter Bestrahlung von 450 nm



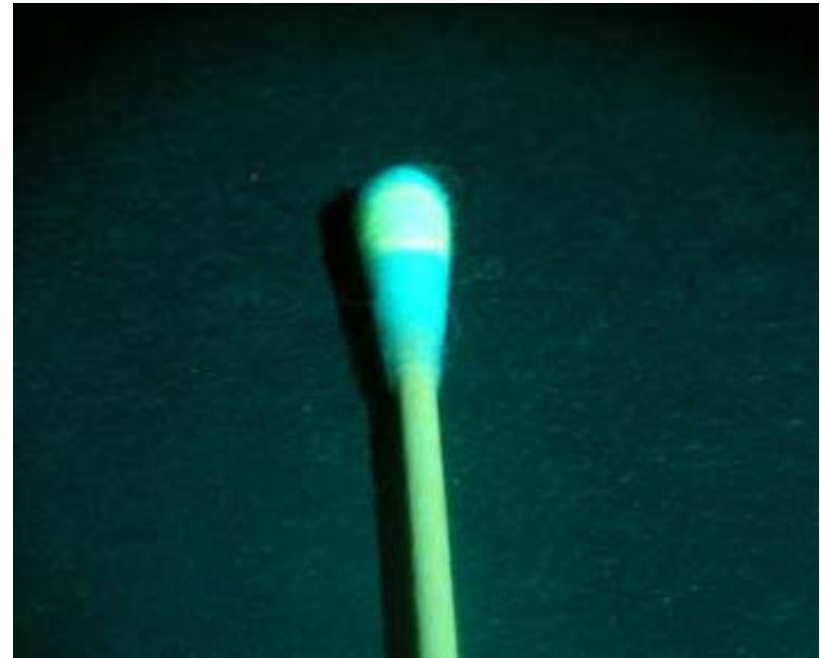
Spermafleck im Normallicht



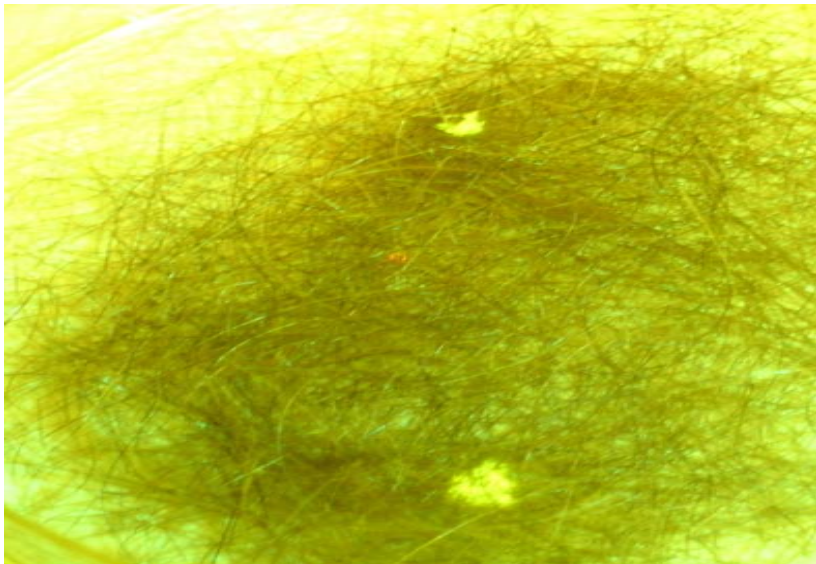
Spermafleck unter Bestrahlung von 450 nm



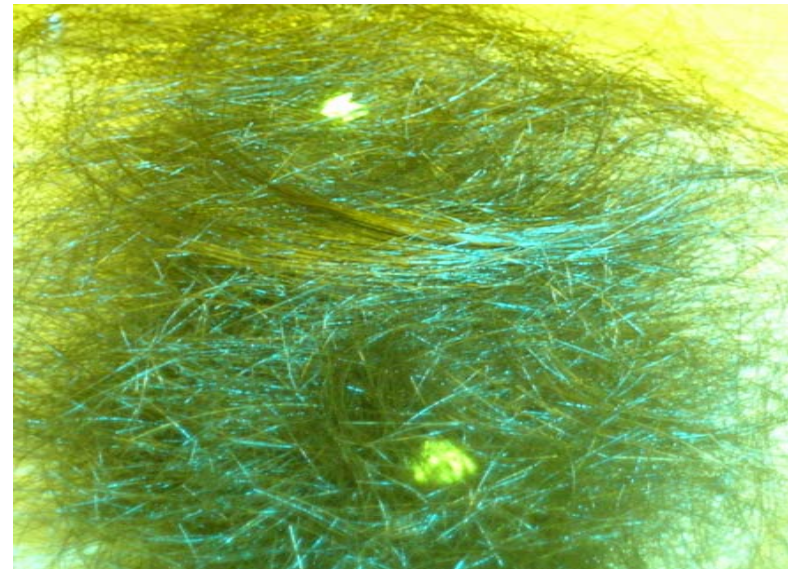
Spermatupfer im Normallicht



Spermatupfer unter Bestrahlung von 450nm

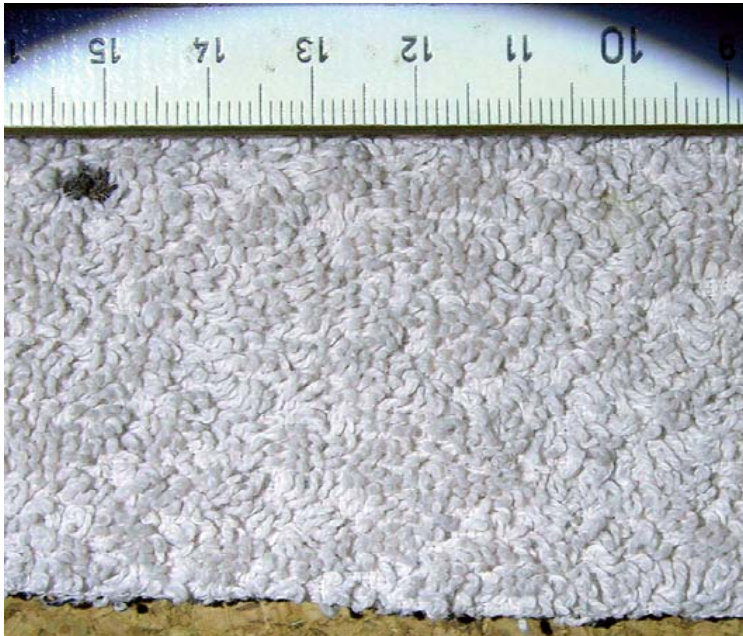


Hellbraune Haare unter Bestrahlung von 450 nm

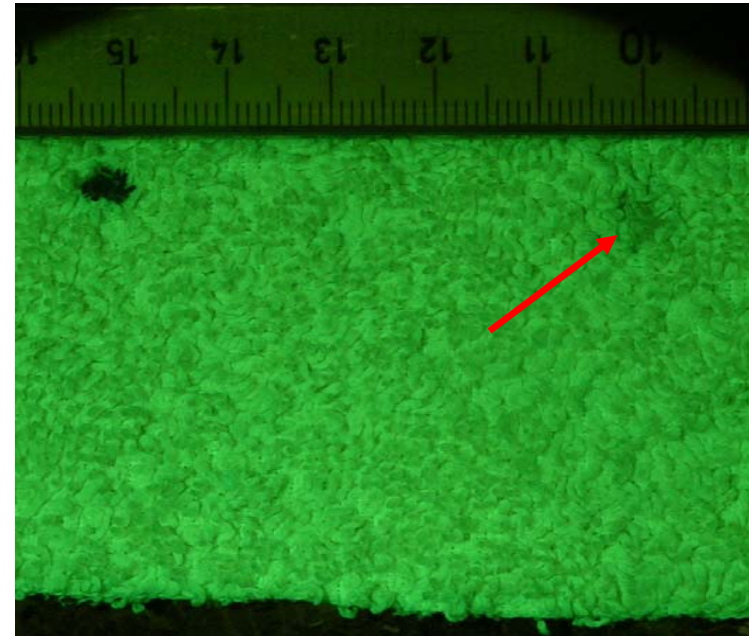


Dunkelbraune Haare unter Bestrahlung von 450 nm

## Blutspuren



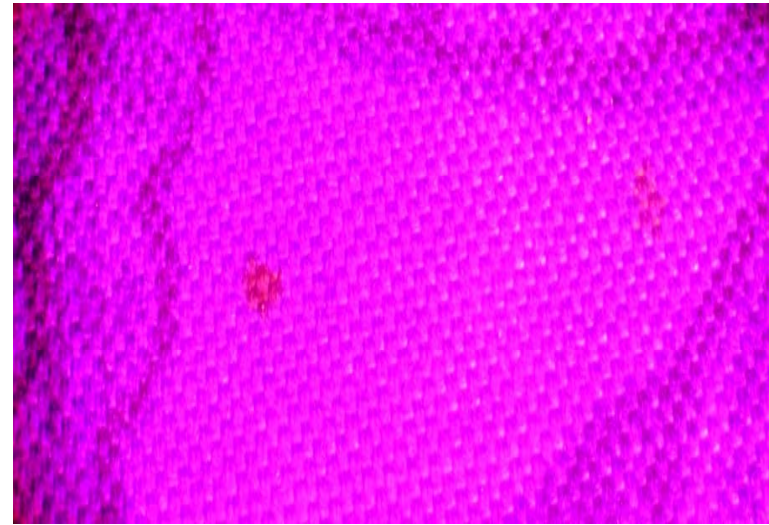
Blutspur nativ und verdünnt im Normallicht



Blutspur nativ und verdünnt unter Bestrahlung von 415nm



Blutspuren im Normallicht

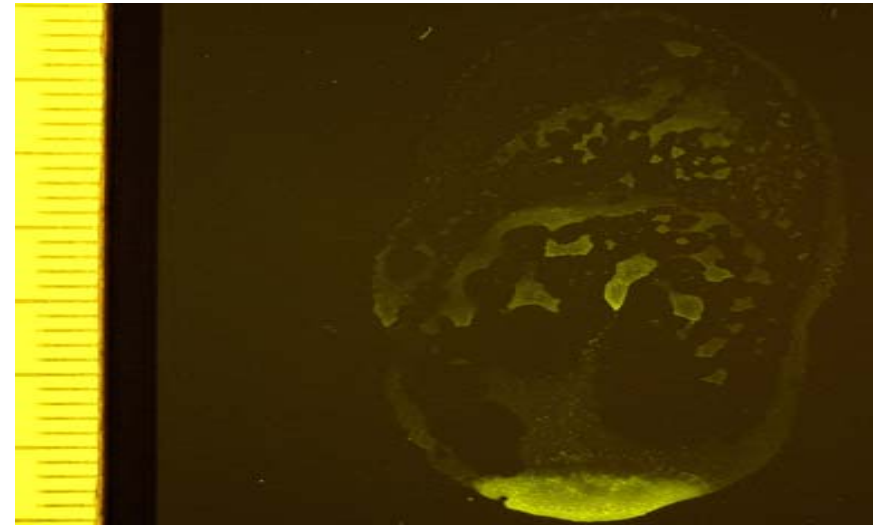


Blutspuren unter Bestrahlung von 415nm

## Speichelspur



Speichelspur im Normallicht



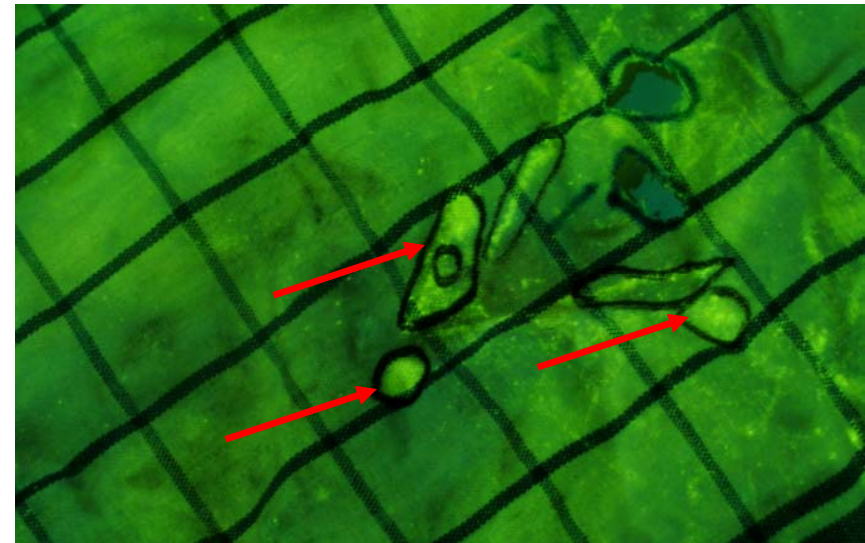
Speichelspur unter Bestrahlung von UVA+Blau



## Tatortspuren



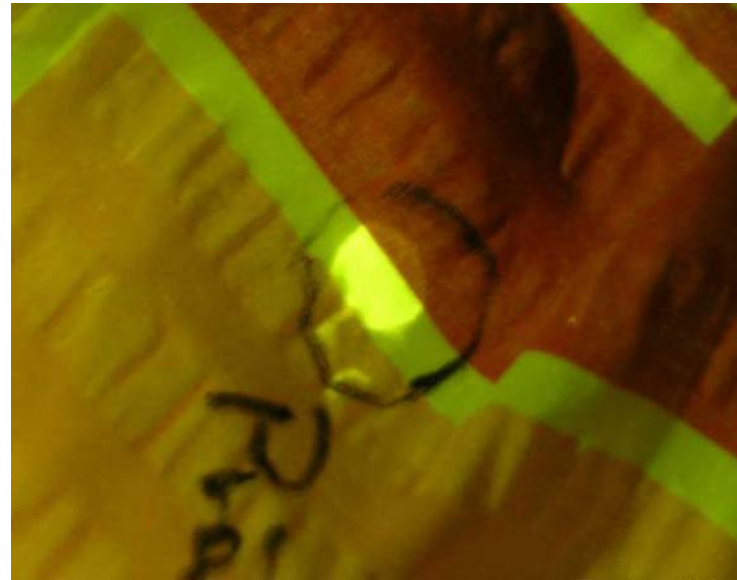
Sperma auf Geschirrtuch im Normallicht



Sperma auf Geschirrtuch unter Bestrahlung von 450nm



Spermafleck auf Bettlaken unter Normallicht



Spermafleck auf Bettlaken unter Bestrahlung von 450nm

## VII. Literaturverzeichnis

1. Anderson J., Bramble S. (1997)  
The effect of fingerprint enhancement light sources on subsequent PCR-STR DNA analysis of fresh bloodstains  
Journal of Forensic Science 42(2):303-306
2. Anslinger K., Bayer B., Rolf B., Keil W., Eisenmenger W. (2005)  
Application of the Biorobot EZ1 in a forensic laboratory  
Legal Medicine 7, 164-168
3. Anslinger Katja (2005)  
Crime scene investigations and advanced crime scene techniques  
Minerva Med. Leg, 201 - 211
4. Bergmann L., Schäfer Cl. (1962)  
Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III  
De Gruyter, Berlin
5. Broderson K., Anslinger K., Rolf B. (2003)  
DNA Analyse und Strafverfahren  
Verlag C.H. Beck, München
6. Budowle B., Leggitt JL, Defenbaugh DA, Keys KM, Malkiewicz SF (2000)  
The presumptive reagent fluorescein for detection of dilute bloodstains and subsequent STR typing of recovered DNA  
Journal of Forensic Science, 45(5):1090-1092
7. Creamer JI, Quickenden TI, Crichton Lb, Robertson P, Ruhayal Ra (2005)  
Attempted cleaning of bloodstains and its effect on the forensic luminol test  
Luminescence 20 (6), 411-413
8. Della Manna A., Montpetit S. (2000)  
A novel approach to obtaining reliable PCR results from luminol treated bloodstains  
Journal of Forensic Science, 45(4):886-890

9. Dünkel K. (2004)  
Licht – nicht nur für die Kriminaltechnik  
Bayerns Polizei 1/2004, S.12
  
10. Eisenmenger W., Spann W., Tröger D. (1977)  
Rechtsmedizinische Befunde nach Sexualdelikten  
Beitr. Gerichtliche Medizin 35, 13-16,
  
11. Gabby T, Winkleby MA, Boyce WT, Fisher DL, Lancaster A, Sensabaugh GF. (1992)  
Sexual abuse of children. The detection of semen on skin  
American Journal of Diseases of Children, 146(6):700-703
  
12. Hammer, Hammer (1997)  
Taschenbuch der Physik  
J. Lindauer Verlag, München
  
13. Hammer, Hammer (1988)  
Physikalische Formeln und Tabellen  
J. Lindauer Verlag, München
  
14. Ito T. (1927)  
Über einige Anwendungen ultravioletter Strahlen zu gerichtsmedizinischen Zwecken  
Deutsch. Z. Gesamte Gerichtl., 9: 726-727
  
15. Kastner, Anny (1991)  
Faser – und Gewebekunde  
Verlag Dr. Felix Büchner, Handwerk und Technik , Hamburg
  
16. Keil W., Bachus J., Troger HD (1996)  
Evaluation of MHS-5 in detecting seminal fluid in vaginal swabs  
International Journal of Legal Medicine, 108(4): 186-190
  
17. Khaldi N., Miras A, Botti K, Benali L, Gromb S. (2004)  
Evaluation of three rapid detection methods for the forensic identification of seminal fluid in rape cases  
Journal of Forensic Science, 49(4): 749-753

18. Kiefer, Jürgen (1977)  
Ultraviolette Strahlen  
De Gruyter, Berlin
  
19. Kobus HJ., Silenieks E., Scharnberg J. (2002)  
Improving the effectiveness of fluorescence for the detection of semen stains on fabrics  
Journal of Forensic Science, 47(2):254-259
  
20. Kube, Störzer, Timm (1992)  
Kriminalistik, Handbuch für Praxis und Wissenschaft  
Boorberg Verlag, Stuttgart
  
21. Liechti – Gallati S., Borer U. (1994)  
Vorproben mit Hemastix® - und Sangur® - Teststäbchen sowie Phosphatesmo KM –  
Testpapier beeinflussen die DNA Typisierung von Blut – und Spermaproben nicht  
Archive of Kriminology, 193(1-2):37-42
  
22. Löffler, Petrides (1997)  
Biochemie und Pathobiochemie  
Springer Verlag, Heidelberg
  
23. Madea B. (2003)  
Praxis Rechtsmedizin  
Springer Verlag, Heidelberg
  
24. Madea B., Brinkmann B. (2003)  
Handbuch gerichtliche Medizin, Band 2  
Springer Verlag, Heidelberg
  
25. Marshall, S.; Bennett, A.; Fraval, H. (2001)  
Locating Semen on Live Skin using Visible Fluorescence  
Rofin Australia Pty Ltd., Melbourne, Australia, April 2001
  
26. Quickenden TI, Creamer JI (2001)  
A study of common interferences with the forensic luminol test for blood  
Luminescence, 16(4): 295-298

27. Quickenden TI, Ennis Cp, Creamer JI (2004)  
The forensic use of luminol chemiluminescence to detect traces of blood inside motor vehicles  
Luminescence, 19(5): 271-277
28. Schleyer, Oepen, Henke (1995)  
Humanbiologische Spuren  
Kriminalistik Verlag, Heidelberg
29. Schleyer, Oepen (1977)  
Leitfaden der gerichtlich – medizinischen Blutspuren - Untersuchung  
Schmidt – Römhild, Lübeck
30. Spann W. (1964)  
Nachweis von Spermatozoen im Scheidenaustrich nach Sittlichkeitsdelikten  
Dtsch. Zeitung ges. gerichtl. Medizin 55:184-185
31. Sprech W. (1937)  
Die Chemilumineszenz des Hämins, ein Hilfsmittel zur Auffindung und Erkennung forensisch wichtiger Blutspuren.  
Angewandte Chemie, 50:155-157
32. Santucci K., Nelson D., Kemedly K., Duffy S., Linakis J. (1999)  
Wood's Lamp Utility in the Identification of Semen  
Pediatrics 104(6):1342-1344
33. Stöcker (1998)  
Taschenbuch der Physik  
Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a.M.
34. Stoilovic M. (1991)  
Detection of Semen and blood stains using polilight as a lightsource  
Forensic Science International, 51:289-296

35. Ziemke E. (1914)  
Die Untersuchung von Blutspuren  
aus Lochte Th. (Hrsg)  
Gerichtsärztliche und polizeiärztliche Technik  
Bergmann, Wiesbaden
36. [www.gutenberg.spiegel.de/goethe/faust2](http://www.gutenberg.spiegel.de/goethe/faust2)  
Goethe, Faust 2  
2. Akt, Klassische Walpurgisnacht
37. [www.lumatec.de](http://www.lumatec.de)  
Firma Lumatec, Deisenhofen  
Medizinisch – technische Geräte
38. [www.rofin.com.au](http://www.rofin.com.au)  
Rofin Australia; biometric, forensic, light and laser products
39. [www.projectina.ch](http://www.projectina.ch)  
Firma Projectina, Kriminaltechnische Systeme
40. [www.farbimpulse.de](http://www.farbimpulse.de)  
Lumineszenz, Fluoreszenz, Phosphoreszenz
41. [www.biorama.ch](http://www.biorama.ch)  
Biorama, Virtuelles, medizinisch – analytisches Labor, Bern / Luzern
42. [www.roro-seiten.de](http://www.roro-seiten.de)  
Die RoRo – Seiten
43. [www.wikipedia.org/wiki/Interferenzfilter](http://www.wikipedia.org/wiki/Interferenzfilter)  
Interferenzfilter
44. [www.wikipedia.org/wiki/Degradation](http://www.wikipedia.org/wiki/Degradation)  
Degradation
45. [www.info-uhren.de](http://www.info-uhren.de)  
Phosphoreszenz

## VIII. DANKSAGUNG

### **Rechtsmedizin München:**

Herrn Prof. Dr. med. W. Eisenmenger dem Leiter des Instituts für Rechtsmedizin in München für die Möglichkeit diese Arbeit anzufertigen und die Institutsräumlichkeiten zu nutzen.

Frau PD Dr. K. Anslinger und Herrn PD.Dr. B. Rolf für die Betreuung, die wertvollen Tipps, die konstruktive Kritik, anregenden Diskussionen und die Bereitschaft jederzeit beratend zur Seite zu stehen.

Fr. B. Bayer für die Erstellung der DNA Profile und Bereitstellung der Tatortspuren.

Frau S. Ring für die täglichen Hilfen.

Herrn. H. Koch für die wertvolle Unterstützung bei der Anfertigung der Fotos.

Herrn M. Wimmer für die konstruktive Unterstützung bei der Anfertigung der Präsentation und des Posters.

### **Firma Lumatec:**

Herrn Dr. Nath, Herrn Thalhammer und Herrn Lindenmüller für die freundliche Bereitstellung der Superlite und die technische Unterstützung.

Fr. Saskia Hinze für die Bereitstellung der Messdaten und der Grafiken

### **Last, but not least:**

Meinen Eltern Walter und Gabriele Vogel, ohne die weder mein Medizinstudium, noch die Doktorarbeit möglich gewesen wären.



## **IX. Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere an Eides statt, dass ich die vorliegende Doktorarbeit ohne unerlaubte Hilfe angefertigt, das benutzte Schrifttum vollständig erwähnt habe und die Arbeit noch von keiner anderen Fakultät abgelehnt worden ist.

München, 07.01.2008

Mark Vogel

## **X. Curriculum Vitae**

<b>Geburtsdatum</b>	07.02.1976
<b>Geburtsort</b>	Frankfurt am Main
<b>Schulbildung</b>	1982 – 1984 Volksschule München 1984 – 1986 Volksschule Taufkirchen 1986 – 1996 Gymnasium Unterhaching  <b>Allg. Hochschulreife am 28.06.1996</b>
<b>Ausbildung</b>	01.01.1998 – 13.07.1999 Lehre zum Speditionskaufmann bei der Firma ITG, München  <b>13.07.1999 IHK Abschlussprüfung</b>
<b>Studium</b>	WS 99/00 – SS 02 Vorklinischer Abschnitt des Medizinstudiums an der Ludwig Maximilians Universität, München  <b>13.09.2002 Ärztliche Vorprüfung</b>  WS 02/03 – SS 2006 Klinischer Studienabschnitt an der Technischen Universität München  <b>28.11. 2006 Ärztliche Prüfung</b> <b>05.12. 2006 Approbation</b>
<b>Arbeitserfahrung,</b>	01.01.2007 – dato Assistenzarzt im Institut für Diagnostische und interventionelle Radiologie Klinikum Nürnberg Süd