

# Abschlussbericht

---

## zum Forschungsprojekt ESiMoVA –

„Erhöhung der Sicherheit von Schnittschutzhosen für die Motorsägenarbeit  
durch Verbesserung der Alterungsbeständigkeit“

FK 170 11 A 10 und FK 170 11 B 10

### Inhaltsverzeichnis

1	Überblick .....	3
1.1	Aufgabenstellung .....	3
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	5
1.2.1	Forschungskonsortium .....	5
1.2.2	Laboraüstattung Hochschule Rottenburg.....	11
1.2.3	Laboraüstattung Hochschule Reutlingen .....	12
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	14
1.4	Stand der Technik und vorausgegangene Untersuchungen .....	21
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	22
2	Eingehende Darstellung .....	23
2.1	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele .....	23
2.1.1	<b>Arbeitspaket 1:</b> Beschreibung der Alterungsparameter und Festlegung eines Altersrahmens für herkömmliche Schnittschutzeinlagen.....	23
2.1.2	<b>Arbeitspaket 2:</b> Beschreibung der Anforderungen an den Oberstoff / Gebrauchsfunktionen .....	72
2.1.3	<b>Arbeitspaket 3:</b> Entwicklung von Oberstoff und Innenfutter zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit der Schnittschutzeinlage.....	79
2.1.4	<b>Arbeitspaket 4:</b> Test der Alterungsstabilität der gefundenen Materialien und Festlegung eines neuen Altersrahmens .....	103
2.1.5	<b>Arbeitspaket 5:</b> Entwicklung von neuen Schnitten und technischen Maßnahmen zur Verbesserung von Funktionalität und Optik.....	104
2.1.6	<b>Arbeitspaket 6:</b> Vermarktung und Verwertung .....	129
2.1.7	<b>Arbeitspaket 7:</b> Projektmanagement.....	130
2.1.8	<b>Arbeitspaket 8:</b> Innovative Weiterentwicklung des Schnittschutzprüfstands und Interpretation der erfassten Messwerte .....	131
2.2	Wichtigste Positionen und zahlenmäßiger Nachweis.....	139

2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	139
2.4	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	140
2.5	Fortschritte anderer Stellen, die während der Durchführung des Projektes bekannt geworden sind .....	144
2.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse .....	145
2.6.1	Bachelor- Master- und Projektarbeiten .....	145
2.6.2	Publikationen:.....	145
2.6.3	Weitere geplante Publikationen.....	145
3	Kurzfassung des wesentlichen fachlichen Inhalts des Schlussberichts.....	146
4	Abbildungsverzeichnis.....	147
5	Tabellenverzeichnis.....	150
6	Literaturverzeichnis .....	151

# 1 Überblick

Das Arbeiten mit motorbetriebenen Kettensägen ist eine gefährliche und unfallträchtige Tätigkeit. Deshalb gilt der hierbei zu verwendenden Persönlichen Schutzausrüstung (PSA) besondere Aufmerksamkeit. Die Unfallverhütungsvorschriften, welche den Stand der Technik widerspiegeln, benennen folgende zwingend erforderliche Elemente der PSA für die Arbeit mit Motorsägen:

- Schnitenschutzhose und Schnitenschutzstiefel
- Helm mit Gehör- und Gesichtsschutz
- Handschuhe.

Alterung von Schnitenschutzmaterial kann dazu führen, dass eine Schnitenschutzhose, die im Neuzustand eine Verletzung verhindert hätte, die Kette während des Hosenkontaktes nicht mehr ausreichend abbremst und so eine Verletzung möglich wird. Herauszufinden, in welcher Weise eine Alterung stattfindet und welche Umstände diese beschleunigen, war die Intention des Forschungskonsortiums und der Grund für das Forschungsprojekt „ESiMoVA“.

## 1.1 Aufgabenstellung

Die Projektpartner haben sich vor Projektbeginn auf folgende Ziele festgelegt:

- Bestimmung der Alterungsbeständigkeit derzeit auf dem Markt befindlicher Schnitenschutzhosen:

Die Ergebnisse sollen den Herstellern von Schnitenschutzhosen, den für die Beschaffung von Schutzkleidung Verantwortlichen und den Anwendern von Motorsägen einen Hinweis darüber geben, innerhalb welchen Zeitraumes eine Schnitenschutzhose den Anforderungen der DIN EN 381 genügt. Die Etablierung einer Verwendbarkeitsgrenze soll, ähnlich wie bei Schutzhelmen, angeregt werden.

- Entwicklung von Methoden um Schnituschutzeinlagen alterungsstabiler zu gestalten: Hier kommt die Abdeckung der Einlage mit Membranen, die Optimierung der Garne bezüglich der Resistenz gegen die vermutlich problematischen Stoffe Schweiß, Öl, Kraftstoff, etc. sowie gegen UV-Strahlung in Frage, ebenso ist eine chemische Ausrüstung der Garne zu untersuchen.

- Entwicklung neuer bzw. Verbesserung eingesetzter Ober-, Futter- und Einlagenstoffe mittels Oberflächenbehandlung zum besseren Schutz der Schnituschutzeinlage: Neben dem Schutz der Einlage durch die Verwendung geeigneter Ober- und Futterstoffe soll nach Möglichkeiten gesucht werden, die in den Schnituschutzeinlagen verwendeten Garne durch chemische Ausrüstung alterungsstabiler zu gestalten oder Garne zu verwenden, die eine höhere Alterungsbeständigkeit aufweisen.

**Arbeitspaket 1:** Beschreibung der Alterungsparameter und Festlegung eines Altersrahmens für herkömmliche Schnittschutzeinlagen

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Zeitraumen: Monate 1 – 12 (von 36 Monaten Gesamtlaufzeit des Projektes)

**Arbeitspaket 2:** Beschreibung der Anforderungen an den Oberstoff / Gebrauchsfunktionen

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Zeitraumen: Monate 1 – 12

**Arbeitspaket 3:** Entwicklung von Oberstoff und Innenfutter zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit der Schnittschutzeinlage

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Zeitraumen: Monate 6 – 27

**Arbeitspaket 4:** Test der Alterungsstabilität der gefundenen Materialien und Festlegung eines neuen Altersrahmens

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Zeitraumen: Monate 12 – 30

**Arbeitspaket 5:** Entwicklung von neuen Schnitten und technischen Maßnahmen zur Verbesserung von Funktionalität und Optik

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Zeitraumen: Monate 12 – 30

**Arbeitspaket 6:** Vermarktung und Verwertung

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Zeitraumen: Monate 24 – 36

**Arbeitspaket 7:** Projektmanagement

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Zeitraumen: Monate 0 – 36

Im Laufe des Projektes ergab sich mit den wachsenden Erkenntnissen die Notwendigkeit, von der Planung abzuweichen. Diese Abweichungen werden im Folgenden erläutert.

## 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

### 1.2.1 Forschungskonsortium

Das Konsortium zur Durchführung des Projektes wurde auf Basis der Anforderungen der Projektziele zusammengestellt. Jeder der Projektpartner bringt dabei seine spezifischen Qualifikationen und Ressourcen in das Projekt ein.

Der folgende Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über die einzelnen Partner und ihre Erfahrungen auf den unterschiedlichen Gebieten.

#### 1.2.1.1 Hochschule Rottenburg:

Mit ihren zirka 870 Studierenden, 26 Professoren und insgesamt rund 56 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zählt die Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg trotz aller Entwicklungserfolge und ihrem schnellen Wachstums zu den deutlich kleinsten Hochschulen im Land. Dessen ungeachtet ist es bislang gelungen, alle Herausforderungen und Aufgaben – auch die, die im Zusammenhang mit hochschulpolitischen und forstpolitischen Reformprozessen stehen – ausgezeichnet zu meistern. Bisweilen war die überschaubare Struktur der Hochschule und die damit verbundene Schnelligkeit und Flexibilität sogar ein deutlicher Vorteil gegenüber anderen Hochschulen.

Die Hochschule Rottenburg verfügt in der Hochschulregion über zahlreiche Kooperationsprojekte mit anderen Hochschulen und stellt damit die Fähigkeit zur Zusammenarbeit in Verbundprojekten unter Beweis.

Die Hochschule Rottenburg vergab während der Dauer der Projektlaufzeit folgende Bachelor-Arbeiten:

- Benedikt Pum, 2012: „Umfragegestützte Datenerhebung zum Trage- und Pflegeverhalten von Schnitenschutzhosen“
- Stefan Schirmer, 2012/2013: „Untersuchung der Eigenschaften fabrikneuer und mehrjährig getragener Schnitenschutzhosen der BaySF durch Labor-Schnittprüfungen an den verwendeten Materialien“

Außerdem wurden studentische Hilfskräfte zur Unterstützung der Schnittversuche (Zählung der zerschnittenen Fasern, Entwicklung von Auswertungssystemen, um die Zerstörung an Einlagen vergleichbar und bewertbar zu machen) und zur Unterstützung der statistischen Auswertungen der Versuchsergebnisse eingesetzt.

#### 1.2.1.2 Hochschule Reutlingen:

##### Fakultät

1855 als Webschule gegründet, verfügt die Fakultät heute über umfangreiche Labors in allen Bereichen der Textilien Kette: Garnerzeugung, Weberei, Maschentechnik, Konfektion und Materialprüflabor. Die Labore sind mit den modernsten Industriemaschinen ausgestattet.

Die Fakultät Textil & Design bietet Studiengänge in Textiltechnologie - Textilmanagement, Textildesign / Modedesign und Transportation Interior Design an. Im Wintersemester 2003/04 wurden alle Studiengänge gemäß Bologna-Vereinbarung auf das System Bachelor/Master umgestellt. Die Fakultät Textil & Design ist als Kompetenzzentrum für die Ausbildung im Bereich Textiltechnologie anzusehen. Die enge Verbindung zwischen Textiltechnologie und Modedesign ermöglicht ein ganzheitliches Entwicklungspotential für die Entwicklung von Funktionstextilien, zu denen auch Schnittschutzhosen gerechnet werden. Im Wintersemester 2013/14 studieren ca. 700 Studierende in 4 Bachelor-Studiengängen und 2 Masterstudiengängen in der Fakultät.

Die Hochschule Reutlingen vergab während der Projektlaufzeit eine Masterarbeit:

- Damir Moric, 2011: „Schnittschutzhosen – Alterungsfaktoren und ihr Einfluss auf die Sicherheit“

Folgende Bachelorarbeiten wurden an der Hochschule Reutlingen vergeben:

- Sina Butterstein, 2011: „Alterungsverhalten von Schnittschutzhosen. Einfluss von Bewitterung und Kettensägenöl“
- Annika Pape, 2011/2012: „Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Ermittlung des erforderlichen Kraftaufwands, um die einzelnen Garne aus dem Verbund der Schnittschutzeinlage zu ziehen“
- Christina Maier, 2010/2011: „Optimierung von Schnittschutzhosen hinsichtlich der Nähte und der Funktionalität“
- Regina Dobler, 2012: „Ermittlung der Eigenschaften und Definition der Anforderungen an die Oberstoffe von Schnittschutzhosen“
- Nicolai Groß, 2012: „Einflussparameter auf die Schutzwirkung von Schnittschutzhosen – Auswirkung unterschiedlicher Konstruktionsweisen – Motorengase als Alterungsfaktor“
- Julia Schmick, 2013, „Untersuchung der Eigenschaften von Oberstoffen für Schnittschutzhosen bezüglich der Wasserdichtheit und Durchlässigkeit von Kettenöl.“

und die im Folgenden aufgezählten Projektarbeiten:

- Damir Moric, 2010/2011: „Analyse des Alterungsverhaltens von Schnittschutzhosen-Temperatureigenschaften“
- Almut Kälberer, 2011: „Optimierung von Schnittschutzhoseneinlagen durch den Einsatz von Aramid“
- Sina Butterstein, 2011/2012: „Temperatur als Alterungsfaktor in Bezug auf die Sicherheitsleistung von Schnittschutzhosen“
- Annika Pape, 2011/2012: „Weichspüler als Alterungsfaktor bezogen auf die Sicherheit von Schnittschutzhosen“
- Nora Fritz, 2011/2012: „Langzeitversuche mit Schnittschutzhosenmaterial in Normschweiß sauer und alkalisch“

- Nora Fritz, 2011/2012: „Optimierung von Schnittschutzhoseneinlagen durch den Einsatz von Aramid und Hochleistungs-Polyethylen Fasern“
- Regina Dobler, 2012: „Ermittlung der Eigenschaften der Oberstoffe von Schnittschutzhosen bezüglich der Wasserdichtheit und Durchlässigkeit von Kettenöl“
- Nicolai Groß, 2012, „Auswirkung unterschiedlicher Konstruktionsweisen von Schnittschutzeinlagen – Einsatz von Aramid, Auswirkung unbefestigter Lagen“
- Julia Schmick, 2013, „Prüfung im Xenontest-Gerät ohne Beregnung auf die Sicherheit von Schnittschutzhosen“

### **Rökona Textilwerke GmbH**

Adresse: Schaffhausenstraße 101, 72072 Tübingen

Ansprechpartner:

Herr Arved Westerkamp

Tel.: (07071) 153-150; Fax (07071) 153-212; arved.westerkamp@roekona.de

#### Die Fa. Rökona Textilwerke GmbH:

Die Rökona Textilwerke GmbH treibt seit über 50 Jahren maßgeblich die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb modernster technischer Textilien und hoch spezialisierter Stoffe für die Medizintechnik, die Automobilindustrie sowie weitere technische Anwender voran.

Die Firma Rökona blickt auf langjährige Tradition und Erfahrung zurück. Das Unternehmen wurde 1956 als Tochterfirma der Gerhard Rösch GmbH gegründet. Aus dem damaligen Textilproduzenten für die Bekleidungsindustrie ist heute ein flexibles und spezialisiertes Unternehmen im technischen Textilsektor entstanden, welches mit seiner breiten Produktpalette weltweit Kundenwünsche bedient.

#### Branche/Arbeitsgebiet:

Produktion technischer Textilien / technischer Wirkwaren

Zahl der Beschäftigten: 225

#### Interesse an den Zielen des Vorhabens:

Identifizierung der Alterungsgründe, um dies bei zukünftigen Entwicklungen berücksichtigen zu können. Ermittlung, ob und wie gesteigerter Tragekomfort durch Änderung an Einlagen möglich ist.

#### Wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse / Nutzen des Vorhabens:

Berücksichtigung der Alterungsgründe und Möglichkeiten zur Steigerung des Tragekomforts in die zukünftige Entwicklung von Schnittschutzeinlagen einfließen lassen.

#### Stärken und Beteiligung am Projekt:

Die Fa. Rökona verfügt über sehr viel Know-How im Bereich technischer Textilien und hat dies bei der Entwicklung und Ideenfindung zur Abarbeitung der Arbeitspakete mit eingebracht. Eine neuartige Schnittschutzeinlage wurde entwickelt und im Rahmen von ESiMoVA-Veranstaltungen vorgestellt.

### **Firma Thurner Garten- und Forsttechnik GmbH**

Adresse: Beim Brückle 10; 72119 Ammerbuch-Entringen

Ansprechpartner:

Herr Harald Thurner

Tel. (07073) 6425; Fax (07073) 5200; info@thurner-garten-forst.de

#### Die Fa. Thurner Garten- und Forsttechnik GmbH:

Die Fa. Thurner Garten- und Forsttechnik produziert und vertreibt Waldarbeiterschutzbekleidung der Marke Solo und anderer Marken sowie Werkzeuge und Geräte für die Wald- und Gartenarbeit. Zum Kundenkreis des Unternehmens zählen Waldarbeiter und private Brennholzwerber. Die Marke Solo, die von der Fa. Thurner entwickelt, produziert und vertrieben wird, befindet sich seit ca. 10 Jahren erfolgreich am Markt.

#### Branche/Arbeitsgebiet:

Herstellung und Vertrieb von Schutzbekleidung für die Waldarbeit, Vertrieb von Werkzeugen und Geräten für die Wald- und Gartenarbeit.

#### Zahl der Beschäftigten: 6

#### Interesse an den Zielen des Vorhabens:

Entwicklung einer innovativen, marktfähigen Schnittschutzhose.

#### Wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse / Nutzen des Vorhabens:

Vermarktung der neu entwickelten Schnittschutzhose.

#### Stärken und Beteiligung am Projekt:

Die Fa. Thurner verfügt über Kompetenzen in der Entwicklung, Produktion und Vermarktung von Schutzkleidung für die Waldarbeit. Sie hat die Prototypenherstellung aus Konfektionärsseite beleuchtet und die Hochschule Reutlingen bei der Herstellung beraten



**Gartenbau Berufsgenossenschaft (heute Sozialversicherung Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau – SVLFG, Dezernat Prävention**

Adresse: Frankfurter Str. 126, 34121 Kassel

Ansprechpartner:

Herr Dipl.-Ing (FH) Uwe Böckmann

Tel.: (0561) 928-2891; Fax (0561) 928 30 2891; uwe.boeckmann@gartenbau.lsv.de

Die Gartenbau Berufsgenossenschaft (SVLFG):

Die Gartenbau Berufsgenossenschaft (SVLFG) ist Träger der gesetzlichen Unfallversicherung für den gesamten Gartenbau und aller ihm gesetzlich zugeordneten Einrichtungen. Sie gehört zur landwirtschaftlichen Unfallversicherung, die ein Zweig der Sozialversicherung ist. Gesetzliche Grundlage der Unfallversicherung ist das Sozialgesetzbuch (SGB) VII. Die Gartenbau-Berufsgenossenschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Sie hat das Recht, sich selbst zu verwalten, das heißt, sie führt die ihr durch Gesetz übertragenen Aufgaben in eigener Verantwortung ihrer Organe – jedoch unter staatlicher Aufsicht – durch.

Die Gartenbau-Berufsgenossenschaft (SVLFG) hat nach dem Gesetz mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten, arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und für eine wirksame Erste Hilfe zu sorgen. Zur Durchführung der Unfallverhütung erlässt sie Unfallverhütungsvorschriften, die für alle Mitglieder und Versicherte bindenden Charakter haben. Sie sind eine Zusammenstellung solcher Maßnahmen, die zur Beseitigung typischer Gefahrenquellen getroffen werden müssen und enthalten damit Mindestanforderungen, die zur Verhütung von Arbeitsunfällen zu stellen sind. Fachlich besonders ausgebildete technische Aufsichtsbeamte und Betriebsrevisoren überwachen die Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften und beraten die Mitglieder. Ein Schwerpunkt in der Präventionsarbeit liegt im Bereich der gefährlichen Baumarbeiten unter Einsatz von Motorsägen, da hier jährlich viele und häufig schwere Unfälle auftreten.

Branche/Arbeitsgebiet:

Beratung und Aufsicht im Bereich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Gartenbau.

Zahl der Beschäftigten: 334

Interesse an den Zielen des Vorhabens:

Mitarbeit an der Entwicklung von Wegen zur Verbesserung der Schutzwirkung von Schnittschutzkleidung im Hinblick auf die Vermeidung schwerer Verletzungen beim Umgang mit Motorsägen im Bereich der Baumpflege. Verbesserung der Trageeigenschaften dieser Schutzkleidung und damit verbundene höhere Akzeptanz bei den Anwendern. Beurteilung der Alterungsbeständigkeit von Schnittschutzhosen. Beurteilung der DIN EN 381 bezüglich vorzunehmender Überarbeitungen.

Wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse / Nutzen des Vorhabens:

Mögliche Senkung der Unfallfolgekosten und Entschädigungsleistungen im Bereich der Motorsägenverletzungen bei Versicherten der Gartenbau-Berufsgenossenschaft. Verbesserung

der Trageeigenschaften von Schnittschutzhosen, verbunden mit einer höheren Akzeptanz bei den Versicherten.

Die Gartenbauberufsgenossenschaft (SVLFG) hat im Rahmen des Forschungsprojekts die Bewitterung mittels Xenontesters ganzer Pads (mehrlagiges Schnittschutzeinlagenpaket) an das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, St. Augustin (BGIA) in Auftrag gegeben, da dieses in der Lage ist, die großen Proben (20 cm x 30 cm) zu testen.

Stärken und Beteiligung am Projekt:

Vorhalten statistischer Daten zu allen Unfällen mit Motorsägen im Bereich des Gartenbaues und der Landwirtschaft.

Erfahrung im Auswerten dieses Unfallgeschehens im Zusammenhang mit Motorsägen und Baumarbeiten.

Fachlicher Input in jeglicher Hinsicht durch Experten in Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in Gartenbau und Landwirtschaft.

**Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Fachgruppe Forsten**

Adresse: Fockensteinstraße 1, 81539 München

Ansprechpartner:

Herr Dipl.-Forstwirt Ulrich Hoffmann

c/o Unfallkasse Baden-Württemberg

Waldhornplatz 1

76131 Karlsruhe

Tel.: (0721) 6098-283; Fax: (0721) 6098-5200; ulrich.hoffmann@uk-bw.de

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Fachgruppe Forsten:

Die Fachgruppe Forsten der deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) befasst sich im Auftrag ihrer Mitglieder mit der Prävention vor arbeitsbedingten Unfall- und Gesundheitsgefahren in Forstbetrieben, bei gärtnerischen Arbeiten und in der Wildtierhaltung.

Branche/Arbeitsgebiet:

Beratung und Aufsicht im Bereich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz der öffentlichen Arbeitgeber.

#### Interesse an den Zielen des Vorhabens:

Die Beschäftigten in Forstbetrieben sind bei ihrer Arbeit besonderen Gefährdungen ausgesetzt; überdurchschnittlich viele Unfälle und Gesundheitsbeeinträchtigungen sind die Folge. Bei der Arbeit mit der Motorsäge, dem am häufigsten vom Forstwirt verwendeten Arbeitsmittel, besteht eine permanente Verletzungsgefahr. Um sich vor Schnittverletzungen durch die Motorsäge zu schützen, werden Schnitenschutzhosen getragen. Die Schutzgüte der Schnitenschutzhosen ist durch verschiedene Einflüsse begrenzt, sodass trotz getragener Schnitenschutzhosen Verletzungen durch Schnitte mit der Motorsäge auftreten. Um den Schutz vor diesen Schnittverletzungen zu verbessern, hat die Fachgruppe Forsten der DGUV ein besonderes Interesse an der Durchführung des geplanten Forschungsprojekts. Ziel muss es sein, die Schutzgüte der Schnitenschutzhosen über die gesamte Nutzungsdauer zu erhöhen bei gleichzeitiger Verbesserung des Tragekomforts. Letzteres kann einen Beitrag zur Verminderung der Kreislaufbelastung infolge unzureichender Ableitung der Körperwärme bei sommerlichen Temperaturen leisten.

#### Wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse / Nutzen des Vorhabens:

Die Entwicklung einer innovativen, den aktuellen Anforderungen entsprechenden Schniterschutzeinlage, die in Bezug auf Alterungsbeständigkeit und Zuverlässigkeit der Schnitssicherheit und Ergonomie den derzeit am Markt befindlichen Produkten überlegen ist, kann den gesamten Markt der Schnitenschutzhosen zu einem Entwicklungssprung in Richtung Sicherheit und damit zu einer Senkung der Unfallfolgekosten verhelfen.

#### Stärken und Beteiligung am Projekt:

Vorhalten statistischer Daten zu allen Unfällen mit Motorsägen im Bereich der Forstwirtschaft, Feuerwehr und dem Technischen Hilfswerk.

Erfahrung im Auswerten dieses Unfallgeschehens im Zusammenhang mit Motorsägen und Waldarbeit.

Fachlicher Input in jeglicher Hinsicht durch Experten in Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in Forstwirtschaft, bei der Feuerwehr und dem Technischen Hilfswerk.

### 1.2.2 Laborausstattung Hochschule Rottenburg

#### *Normwaschmaschine*

Die Beschaffung der Normwaschmaschine „Wascator FOM71 CLS“ der Firma James Heal & CO Ltd., Halifax, war nötig, um einen immer gleichen Ablauf eines Waschvorgangs garantieren zu können. Dies ist erforderlich, weil Einlagen mehrmals der gleichen Behandlung unterzogen werden sollen (siehe Kapitel „Waschversuche“).

Die Waschmaschine wurde im September 2010 von der Carl von Gehlen GmbH & Co.KG für 13214,95 Euro beschafft. Sie ist aufgrund eines Mikroprozessors in der Lage, eine beliebige Auswahl von Programmschritten selbst einzuspeichern und abzurufen. So können:

- Waschzeiten, Wasserstände und Temperaturen mit großer Genauigkeit und Flexibilität gesteuert werden.

- Waschprogramme selbst programmiert werden, was im Falle des Programms „21A“ geschah (Basis hierzu war das Programm „2A“, welches allerdings einen unerwünschten Schleudergang beinhaltet)
- auf dem PC programmierte Waschprogramme können mithilfe einer Chip-Karte in den Speicher der Normwaschmaschine geladen werden und stehen als Waschprogramm zur Verfügung

Durch die exakte Einstellbarkeit und die hohe Wiederholgenauigkeit ist dieses Gerät für eine wissenschaftliche Waschversuchsreihe in hohem Maße geeignet.

### *Schnittschutzhosenprüfstand*

Als wesentliches Prüfmittel für die Bewertung der Schnittsicherheit von Schnittschutzhosen verwendet die Hochschule Rottenburg einen normkonformen Schnittschutzprüfstand. Dieser ist in der Lage, entsprechend der Anforderungen der Norm DIN EN 381 Prüfschnitte durchzuführen.

### *Hochgeschwindigkeitskamera*

Die Hochschule Rottenburg verfügt über eine Hochgeschwindigkeitskamera, mit der die Prüfschnitte des Schnittschutzprüfstands mit einer Frequenz von 2.000 Bildern / sec. aufgenommen werden können. Die dabei entstehenden Filme ermöglichen das Nachvollziehen und Verstehen dessen, was in den 40 bis 120 msec. geschieht, wenn die laufende Motorsägenkette auf die Schnittschutzhose oder das Testpad auftrifft.

## 1.2.3 Laborausstattung Hochschule Reutlingen

Neuanschaffungen:

Orbitor – Pilling- und Snaggingtester

Von der Firma James Heal & CO Ltd., Halifax, wurde der Orbitor Pilling und Snagging-Tester zum Preis von € 7.820.- beschafft. Folgende Tests können durchgeführt werden.

- Pilling-Tests, ein Test der Oberfläche von Textilien, insbesondere von Maschenwaren
- Snagging Tests, ein Test mit Drahhaken, die die Beanspruchung der Oberstoffe durch Dornen nachstellen soll.

Hydrotester – Wassersäule

Für die Prüfung der Wasserdichtheit der Oberstoffe wurde das Gerät FX 3000 Hydrotester III der Firma Textest AG (CH) mit dem Programm LABODATA III zum Preis von € 16.000.- beschafft.

Vorhandene Prüfgeräte und Maschinen:

Instron-Zugprüfmaschine

An einer Instron-Zugprüfmaschine mit der Typbezeichnung 5566 und einer Kraftmessdose von 10 000 N wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

- Einfache Zugprüfung von Garnen
- Knotenzugprüfung von Garnen
- Streifenzugversuch

Xenon-Bewitterungsgerät

Bewitterungsgeräte mit Xenonbogen-Strahlern als Strahlungsquelle, finden am häufigsten Verwendung in der Textil-, Automobil-, Polymer- und Lackindustrie. Sie werden dann eingesetzt, wenn die zu prüfenden Materialien später dem natürlichen Sonnenlicht ausgesetzt werden, da sich mit ihnen die Sonnenstrahlung am treffendsten und genauer, als mit jeder anderen künstlichen Lichtquelle nachstellen lässt. Hierfür bedarf es einem bestimmten optischen Filtersystem, um die spektrale Leistungsverteilung der Sonnenstrahlung anzupassen. Mit dem Xenon-Bewitterungsgerät wurden sowohl die Oberstoffe als auch die Schnittschutzeinlagen getestet.

Weitere Materialanalysen:

Waage für die Ermittlung des Flächengewichts von Oberstoff und Schnittschutzeinlage

Trockenofen zur Ermittlung der Hitzebeständigkeit

Verschiedene Mikroskope und Makroskope für Faserstoffanalyse, Bestimmung der Fadedichten und Dokumentation

Luftdurchlässigkeitsprüfer TEXTEST FX 3300

Ausstattung Konfektionslabor für die Herstellung von Pads und Schnittschutzhosen:

Zuschnitttische und -geräte

Verschiedene Typen von Konfektionsmaschinen

### 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

**Arbeitspaket 1:** Beschreibung der Alterungsparameter und Festlegung eines Altersrahmens für herkömmliche Schnittschutzeinlagen

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Die Schnittschutzeinlage der Hosen von Waldarbeiterkleidung unterliegt, wie alle Kunststoffe, Alterungsprozessen. Um Aufschlüsse über die für die Alterung verantwortlichen Parameter zu finden, wurden verschiedene Tests in den Labors der Hochschulen Rottenburg und Reutlingen durchgeführt.

Folgende Alterungsparameter wurden untersucht:

- Waschen, Schleudern und Weichspüler
- Kraftstoff
- Kettenschmieröl
- Schweiß
- Temperatur
- UV-Strahlung
- Motorenabgase des Kettensägemotors

Zur Durchführung der Untersuchungen auf Garn- und Gewirkeebene werden die Geräte und Prüfmaschinen im Labor der Hochschule Reutlingen verwendet. An der Hochschule Rottenburg stehen eine Normwaschmaschine und ein normkonformer Schnittschutzhosenprüfstand zur Verfügung.

Für die im Folgenden dargestellten Versuchsreihen wurde unterschiedliches Schnittschutzeinlagenmaterial zu Pads vernäht, wodurch ein ähnliches Lagenpaket entsteht, wie es auch in Schnittschutzhosen zu finden ist. Je Schnittschutzeinlagenmaterial wurden vier unbehandelte Pads als Referenzproben auf dem Schnittschutzprüfstand geprüft. Die anderen Pads wurden den unterschiedlichen Behandlungsarten (s.o.) unterzogen und anschließend auf dem Schnittschutzprüfstand auf ihre nach der Behandlung verbliebene Schnittsicherheit überprüft.

#### *Waschen, Schleudern und Weichspüler*

Die Hochschule Rottenburg hat mit der Normwaschmaschine an insgesamt 27 Pads 567 Waschzyklen durchgeführt. Untersucht wurden während der Projektlaufzeit der Einfluss von folgenden Waschvorgängen:

- 5 Wäschen bei 60°C ohne Schleudern mit handelsüblichem Persil Vollwaschmittel
- 25 Wäschen bei 60°C mit Schleudern mit handelsüblichem Persil Vollwaschmittel
- 25 Wäschen bei 60°C ohne Schleudern mit Lenor-Aprilfrisch-Weichspüler und handelsüblichem Persil Vollwaschmittel
- 50 Wäschen bei 60 °C ohne Schleudern mit handelsüblichem Persil Vollwaschmittel

- 2 Wäschen nach Kettenölaufbringung bei 60°C ohne Schleudern mit handelsüblichem Persil Vollwaschmittel

Die Dosierung des Waschmittels erfolgte nach Herstellerangaben für stark verschmutzte Wäsche, wovon bei der Waldarbeit auszugehen ist. Auch wenn es in der Waschanleitung von Schnittschutzhosen nicht vorgesehen ist, diese mit Weichspüler zu behandeln, ergab die Umfrage zum Trage- und Pflegeverhalten von Schnittschutzhosen, dass 11 % der befragten Anwender dennoch Weichspüler verwenden (Pum)

Nach jeweils 10 Wäschen wurden von jeder gewaschenen Schnittschutzeinlage je 10 Fäden in Längs- und Querrichtung entnommen. Diese Fasern wurden zur weiteren Untersuchung ins Labor der Hochschule Reutlingen übersandt.

Neben den Versuchen im Zusammenhang mit der Verwendung von Weichspüler während der Waschvorgänge, wurden zusätzlich 4 Schnittschutzpads für 4 Wochen und 16 weitere Pads für 17 Monate in Weichspüler eingelegt, ohne dass diese zusätzlich in der Waschmaschine gewaschen wurden. Hierdurch sollte erhoben werden, ob ohne die zusätzliche mechanische Beanspruchung der Schnittschutzpads eine Veränderung durch den Weichspüler hervorgerufen wird.

Die mit dem Waschen behandelten Einlagen wurden zusätzlich nach jeweils 25 Wäschen auf ihr Schrumpfverhalten hin überprüft.

#### *Kraftstoff*

Voruntersuchungen ergaben, dass Kraftstoff eine Veränderung der Einlagen zur Folge haben kann. So fielen bei Einlagen des Herstellers Engtex eine leicht verringerte Zugfestigkeit der Schussfäden und ein höherer Variationskoeffizient auf. Um der Frage nachzugehen, ob sich diese im Labor gefundenen Veränderungen auch die Schnittsicherheit beeinflussen wurde folgender Versuchsaufbau durchgeführt:

Auf das Schnittschutzmaterial wurden 300 ml 2-Takt-Sonderkraftstoff der Marke Aspen gegossen. Nach einer Einwirkzeit von zwei Tagen werden Labortests durchgeführt und die Schnittsicherheit auf dem Prüfstand überprüft. Die Einwirkzeit von zwei Tagen wurde deshalb gewählt, weil davon auszugehen ist, dass auf die Hose einwirkender Kraftstoff sehr schnell verdampft.

#### *Kettenschmieröl*

Der Einfluss von Kettenschmieröl, welches bei der Motorsäge für die Schmierung der Schneidgarnitur notwendig ist, wurde erstmals 2011 in einer Masterthesis der Hochschule Reutlingen von MORIC in Vorversuchen untersucht. Eingehendere Betrachtungen erfolgten im Projektzeitraum im Rahmen einer Bachelorarbeit 2012 an der Hochschule Reutlingen von BUTTERSTEIN.

Bei den Einlagen handelte es sich um 9lagiges Engtex 041 Material in der Abmessung von 300 x 700 mm. Das verwendete Schnittschutzmaterial des Herstellers Engtex gilt in der Verwendung als 6-lagig wirksam. Da jedoch bei den Vorversuchen ebenso schon Pads ohne Oberstoff zum Einsatz kamen und deshalb alle 6 Lagen durchtrennt wurden, fiel die Entscheidung auf die Fertigung von 9-lagigem Material für die Versuche. Dies ermöglicht eine differenziertere Betrachtung der letzten Lagen.

Bei dem für die Untersuchungen verwendeten Kettenschmieröl handelte es sich um ein biologisch abbaubares Öl der Firma „Divinol“. Für die Ölbehandlung wurde eine Wanne mit Kettenschmieröl gefüllt und die Einlagen darin 4 Wochen lang eingelegt. Anschließend wurde das Öl definiert ausgedrückt und auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg einem Normschnitt unterzogen. Außerdem wurden Schnittschutzpads lediglich mit Öl besprüht und anschließend auf dem Schnittschutzprüfstand geprüft sowie Pads über 17 Monate in Öl eingelegt.

### *Schweiß*

Der Langzeiteinfluss von Schweiß auf die Schnittschutzeinlage wurde im Rahmen einer Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen untersucht (FRITZ, 2012). Nach einer Einwirkzeit von zwei Monaten konnten bei diversen Zugprüfungen geringe Festigkeitsverluste, vor allem bei alkalisch eingelegten Proben, festgestellt werden. Es wurde entschieden, die Langzeitversuche fortzusetzen und eine Überprüfung der Schnittsicherheit auf dem Prüfstand erst im Anschluss an die weiterführenden Laboruntersuchungen durchzuführen. Hierdurch kam es zu einer Einwirkdauer von 17 Monaten.

Außerdem wurden als orientierende Tests Pads für 48 Stunden in Normschweiß eingelegt. Alle Behandlungsvarianten mit Schweiß wurden sowohl mit saurem als auch mit alkalischem Normschweiß durchgeführt.

### *Temperatur*

Der Einfluss von Temperatur auf die Schnittschutzeinlage wurde bereits 2011 von MORIC im Rahmen einer Projektarbeit untersucht. Auf dieser Basis wurden im Projektzeitraum weitere Versuche angestellt. BUTTERSTEIN stellte in ihrer Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen tiefergehende Untersuchungen an (Butterstein[2]). Die gefertigten Einlagen aus dem Schnittschutzmaterial Engtex 041 wurden in mehreren Zyklen jeweils 24 Stunden bei 80° C im Trockenofen Hitzeeinwirkung ausgesetzt. Die Hälfte der Proben verblieb die gesamte Zeit im Trockenofen (im Folgenden werden diese Proben als „Hitze trocken“ bezeichnet), die andere Hälfte wurde nach jeweils 24 Stunden entnommen und kurz in kaltes Wasser getaucht (diese Proben werden als „Hitze nass“ bezeichnet). Anschließend erfolgte ein definiertes Ausdrücken der nassen Einlagen mittels Foulard. Darauf folgte ein weiterer Zyklus mit 24 Stunden Hitzeeinwirkung.

Nach den Laborversuchen der Hochschule Reutlingen wurde die Überprüfung der Schnittsicherheit auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg durchgeführt. Hierbei wurden folgende Einlagen getestet:



- Ht8Z: Hitze trocken, 8 Zyklen bei 80° C, 24 Stunden je Zyklus, n=4
- Ht16Z: Hitze trocken, 16 Zyklen bei 80° C, 24 Stunden je Zyklus, n=4
- Hn8Z: Hitze nass, 8 Zyklen bei 80° C, 24 Stunden je Zyklus, n=4
- Hn16Z: Hitze nass, 16 Zyklen bei 80° C, 24 Stunden je Zyklus, n=4

Den hitzebehandelten Einlagen wurden 4 unbehandelte Referenzeinlagen gegenübergestellt, die am selben Tag und unter denselben Bedingungen geschnitten wurden.

### *UV-Strahlung*

Die negativen Auswirkungen von UV-Strahlung auf die Garne der Polyester-Schnittschutzeinlagen wurden in verschiedenen Laborversuchen an der Hochschule Reutlingen nachgewiesen. So ergaben die untersuchten Proben, welche mit einem Xenontester bestrahlt wurden, Festigkeitsverluste bei der Höchstzugkraft von 42 % und bei der Höchstzugkraftdehnung von 41 %. (BUTTERSTEIN, 2012).

Aus diesem Grund kommt der UV-Beständigkeit der verwendeten Oberstoffe von Schnittschutzkleidung eine besondere Bedeutung zu: lassen die Oberstoffe die für die Einlage schädigenden UV-Strahlen durch, nimmt die Alterungsbeständigkeit der Hose deutlich ab. Um die UV-Durchlässigkeit von derzeit auf dem Markt befindlichen Oberstoffen zu testen wurden 8 verschiedene Oberstoffe mit Schnittschutzmaterial der Fa. Engtex (041) zu Pads vernäht. Diese wurden am Zentrum für Sicherheitstechnik für PSA der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft in Haan an einem Xenontester 400 Stunden lang mit UV-Strahlung konfrontiert.

### *Motorabgase*

Im Laufe des Projekts wurden nach weiteren Faktoren gesucht, die Einwirkung auf die Alterungsbeständigkeit des Schnittschutzmaterials haben könnte. Hier stieß man dann auf die Motorabgase. Um zu untersuchen, ob die Motorabgase einen Einfluss haben, wurden die Polyestergerne des Engtex-Schnittschutzmaterials in einer abgeschlossenen Wulffschen Flasche eine Woche lange mit Motorabgasen kontaminiert. Es wurden zwei Versuche gemacht, einmal mit aktuellen „Aspen“-Kraftstoff, zum anderen mit früher verwendeter herkömmlicher Zweitaktmischung.

Die Laborversuche der Hochschule Reutlingen werden ergänzt durch Schnittsicherheitsüberprüfungen am Prüfstand der Hochschule Rottenburg.

**Arbeitspaket 2:** Beschreibung der Anforderungen an den Oberstoff / Gebrauchsfunktionen

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Die Beschreibung der Anforderungen von Waldarbeitern / Forstwirten an deren Schnittschutzhosen und damit an die Oberstoffe erfolgte auf der Basis einer Umfrage bei Waldar-

beitern / Forstwirten, Feuerwehren und privaten Brennholzwerbern. Auf der Basis der Arbeit von STARK<sup>1</sup> (2008) wurde in der Zeit von Frühjahr 2011 bis 30. Juli 2013 eine umfangreiche Befragung von Anwendern von Motorsägen durchgeführt. Hierbei konnten 315 Rückmeldungen erhalten werden. Die Fragen, die den Anwendern von Motorsägen gestellt wurden, bezogen sich auf das Trage- und Pflegeverhalten, auf Unfälle oder Beschädigungen an den Schnitenschutzhosen und darauf, welche Anforderungen und Wünsche die Anwender von Motorsägen an ihre Schnitenschutzhose stellen. Diese Umfrage wurde in der Bachelorarbeit von PUM<sup>2</sup> (2012) bearbeitet.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse können die Anforderungen an die Oberstoffe der Schnitenschutzhosen und deren Gebrauchsfunktionen direkt erfasst oder abgeleitet werden.

**Arbeitspaket 3:** Entwicklung von Oberstoff und Innenfutter zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit der Schniterschutzeinlage

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Auf dem Markt befindliche Oberstoffe wurden in Bezug auf Material, Bindung etc. untersucht. Im Labor wurden Tests hinsichtlich UV-Durchlässigkeit, Öldurchlässigkeit, Luftdurchlässigkeit, Wasserdichtheit und Snagging durchgeführt.

Die in Arbeitspaket 2 ermittelten Ergebnisse bezüglich der Anforderungen an die Oberstoffe und die Ergebnisse der in Arbeitspaket 3 ermittelten Werte zeigten, dass die auf dem Markt befindlichen Materialien den Anforderungen sehr gut genügen und somit eine Neuentwicklung nicht zwingend notwendig ist.

Die Ergebnisse der Prüfungen mit Schweiß als Einwirkungsfaktor auf die Schniterschutzeinlage ergaben, dass kein zusätzlicher Schutz erforderlich ist und somit die handelsüblichen Futterstoffe gut für die Verwendung in Schnitenschutzhosen geeignet sind.

**Arbeitspaket 4:** Test der Alterungsstabilität der gefundenen Materialien und Festlegung eines neuen Altersrahmens

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Wie die Ergebnisse der Arbeiten des Arbeitspaketes 1 und 2 zeigen, war eine Entwicklung neuer Materialien nicht notwendig und somit wurden keine Tests mit neuen Materialien durchgeführt.

**Arbeitspaket 5:** Entwicklung von neuen Schnitten und technischen Maßnahmen zur Verbesserung von Funktionalität und Optik

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

---

<sup>1</sup> STARK, D. (2008): „Anforderungen an Schnitenschutzhosen – Bundesweite Umfrage zur Bedeutung von Eigenschaften und Erfassung relevanter Informationen für die Kaufentscheidung“; Diplomarbeit der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

<sup>2</sup> PUM, B. (2012): „Umfragegestützte Datenerhebung zum Trage- und Pflegeverhalten von Schnitenschutzhosen“; Bachelorarbeit der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Zum 1.4.2012 wurde eine weitere Mitarbeiterin mit Erfahrung in Modellentwurf, Schnitterstellung und bekleidungstechnischen Kenntnisse eingestellt. Von ihr wurden neue Hosenmodelle auf Basis der von (Stark) ermittelten Anforderungen entwickelt, produziert und für Trageversuchen zur Verfügung gestellt. Diese Trageversuche wurde durch die Hochschule Rottenburg organisiert. In mitgelieferten Fragebögen konnten die Probanden eine Beurteilung der Hosen durchführen, die anschließend an der Hochschule Reutlingen ausgewertet und bei weiteren Produktentwicklungen berücksichtigt wurden.

#### **Arbeitspaket 6: Vermarktung und Verwertung**

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

In diesem Arbeitspaket war geplant, ein Vermarktungs- und Verwertungskonzept der neu entwickelten Materialien zu erstellen. Aufgrund der Ergebnisse des Arbeitspakets 1, welche die Probleme mit der Alterungsbeständigkeit beschreiben sollte, wurde keine Notwendigkeit gesehen, ein neues Produkt im Sinne eines neuen Ober- oder Futterstoffes zu entwickeln. Aus diesem Grund bezieht sich die Vermarktung und Verwertung der Projektergebnisse lediglich auf neue Erkenntnisse zur Alterungsbeständigkeit von Schnittschutzhosen, die sich als deutlich alterungsbeständiger gezeigt haben, als die in den Gebrauchsanweisungen der Hersteller und in früheren Tests gezeigt hat (s. WICHMANN<sup>3</sup>, 2001)

#### **Arbeitspaket 7: Projektmanagement**

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Das Projektmanagement durch die Hochschule Rottenburg bestand im Wesentlichen aus der Organisation und Dokumentation der im ca. 3-monatigen Turnus stattfindenden Projektbesprechungen und der Gesamtkoordination. An folgenden Terminen haben die insgesamt 13 Projektbesprechungen stattgefunden: 07.07.2010, 11.10.2010, 18.01.2011, 06.04.2011, 17.08.2011, 02.12.2011, 25.01.2012, 17.04.2012, 20.06.2012, 08.10.2012, 10.12.2012, 18.03.2013, 18.06.2013.

---

<sup>3</sup> WICHMANN, S. (2001): „Untersuchung von durch Kettenkontakt unbrauchbar gewordenen Schnittschutzhosen“; Diplomarbeit der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg

Die folgende Graphik zeigt den zeitlichen Ablauf des Projekts.

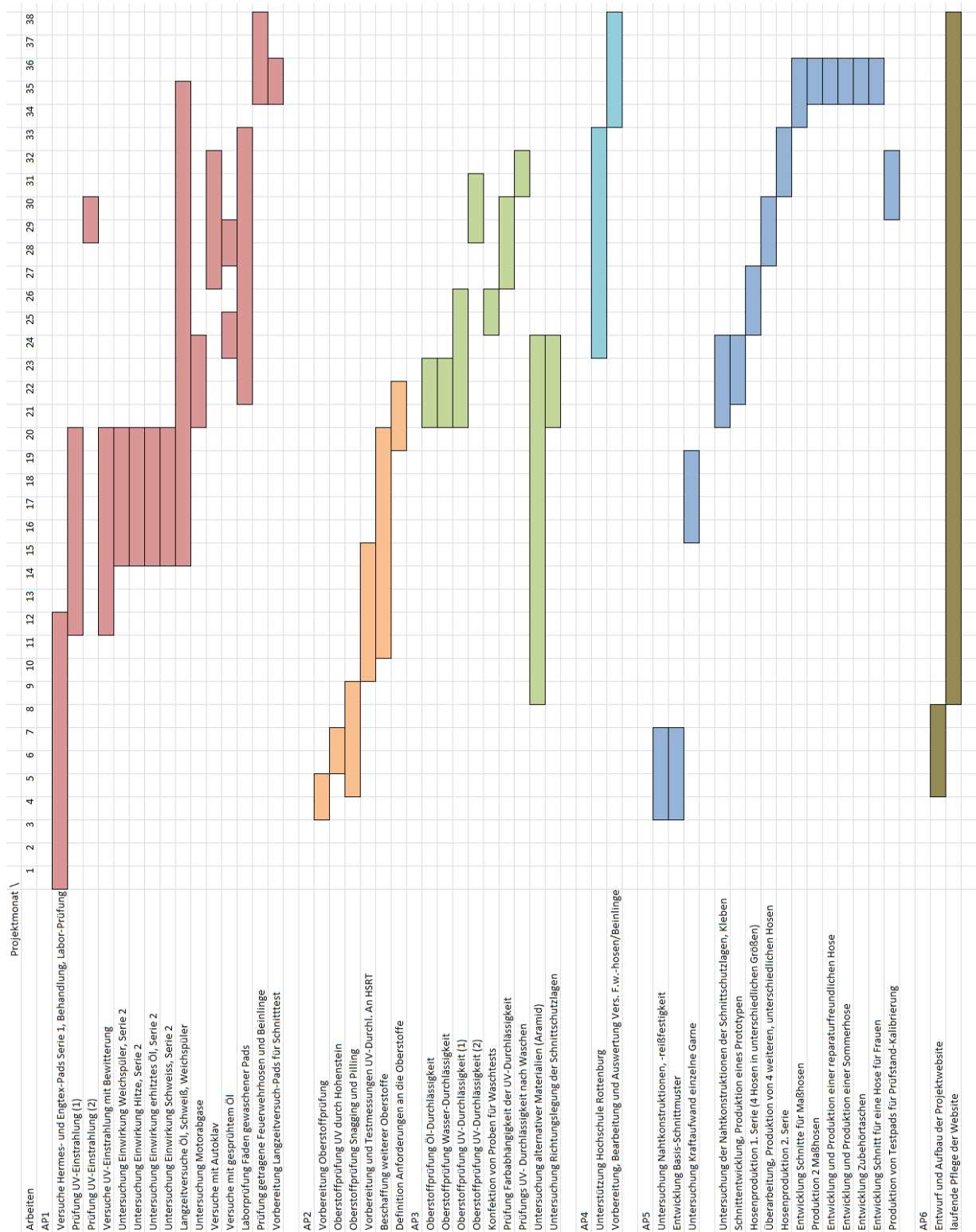


Abbildung 1 Zeitlicher Ablauf

## 1.4 Stand der Technik und vorausgegangene Untersuchungen

Das Thema Alterungsbeständigkeit von Schnittschutzmaterial sollte wegen des großen Gefahrenpotentials von Kettensägen einen hohen Stellenwert in der Beurteilung und Entwicklung neuer PSA (Persönliche Schutzausrüstung) einnehmen. Erstaunlicherweise findet sich aber nur eine Untersuchung aus dem Jahre 2001 von WICHMANN<sup>3</sup> zu diesem Thema. Die darin getätigten Untersuchungen beziehen sich auf die damals in Schnittschutzeinlagen verwendeten Polyamid-Fasern.

Wichmann wertete die in seinem Untersuchungszeitraum angefallenen Schnittschutzhosen verunfallter Forstmitarbeiter aus, die im Zusammenhang mit einem Motorsägenunfall zerstört wurden. Eine Zerstörung, liegt vor, wenn die Kette einer laufenden Motorsägenkette, angetrieben oder auslaufend, mit der Schnittschutzhose in Kontakt kommt. Durch die Untersuchung der Hosen in Verbindung mit einem Fragebogen, den er an die verunfallten Waldarbeiter / Forstwirte herausgab, nährte sich der Verdacht, dass es zu einer Alterung der Einlagen gekommen sein könnte. Diesem Anfangsverdacht einer Alterung durch unterschiedliche Einflüsse ging er nach, indem er Waschversuche unternahm und den Auszugswiderstand der Polyamid-Fasern untersuchte. Je häufiger eine Schnittschutzhose gewaschen wird, desto stärker ist die Verfilzung der einzelnen Fasern. Dadurch erhöht sich deren Auszugswiderstand der Fäden aus der Einlage, wodurch mehr Fäden durchtrennt werden. Die Durchtrennung der Fäden bewirkt, dass diese nicht mehr in ausreichender Anzahl und Länge zwischen Ritzel und Kupplungsglocke gezogen werden können und das Abbremsen der laufenden Motorsägenkette verschlechtert wird. Polyamid altert, indem Sauerstoff in die Oberfläche hineindiffundiert und zu einer Nachkristallisation führt (PONGRATZ<sup>4</sup> 2000). Dies bedeutet eine Versprödung der Fasern, die wiederum leichter beim Kontakt mit den Sägezähnen brechen. Durch diesen Vorgang lässt sich das Versagen der gealterten Schnittschutzhosen leicht und gut erklären.

Seit einigen Jahren werden die Schnittschutzeinlagen nicht mehr mit Polyamid-, sondern mit hochverstreckten Polyesterfasern hergestellt. Polyester ist im Gegensatz zu Polyamid säure-, licht- und wetterbeständig und nimmt wesentlich weniger Wasser auf (Polyamid 1,2-4 %, Polyester 0,2-0,5 %). Die Nassfestigkeit von Polyester ist demnach ebenso gut, wie die Trockenfestigkeit. Weiter wird es als sehr reißfest, scheuerfest und stabil beschrieben.

Aufgrund der geänderten Fasereigenschaften erscheint ein direkter Vergleich der im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes gefundenen Ergebnisse mit den Ergebnissen von WICHMANN (2001) nicht sinnvoll. Eine Bewertung der Sicherheit von Schnittschutzeinlagen auf der Grundlage des Fadenauszugswiderstandes aus dem Schnittschutzpad erscheint ebenfalls nicht sinnvoll, weil unterschiedliche Garnarten aufgrund ihrer unterschiedlichen Schnitffestigkeit unterschiedliche Auszugswiderständen standhalten können.

---

<sup>4</sup> PONGRATZ, S. (2000): „Alterung von Kunststoffen während der Verarbeitung und im Gebrauch“; Erlangen : Lehrstuhl für Kunststofftechnik; Univ. Erlangen-Nürnberg, Diss.; ISBN: 3-931864-13-8

## 1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Norm DIN ISO 381, nach der der Schnitzzuschutzprüfstand an der Hochschule für Forstwirtschaft konstruiert und gebaut wurde, lässt einen relativ großen Spielraum bei den Toleranzen zu. So fordert die Norm eine Trägheit der abkippenden Einheit von  $0,3 \text{ kgm}^2$  mit einer Toleranz von  $\pm 0,05 \text{ kgm}^2$ , was eine zulässige Abweichung von der Toleranzmitte von  $\pm 16,7 \%$  bedeutet. Ein Prüfstand, der normkonform gebaut wurde, kann nun einen Schwenkörper besitzen, dessen Trägheit zwischen  $0,25 \text{ kgm}^2$  und  $0,35 \text{ kgm}^2$  liegt. Neben der Trägheit der abkippenden Einheit könnten noch die Toleranzen der Rotationsträgheit ( $0,47 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 \pm 1 \%$ ), der Schnittkraft ( $15 \text{ N} \pm 3,3 \%$ ), der die Kettenspannung beschreibenden Auslaufzeit ( $4 \text{ s} \pm 5 \%$ ), der Schnittgeschwindigkeit der Sägekette ( $20 \text{ m/s} \pm 1 \%$ ) und der minimale Abstand der Sägekette vom Prüfling ( $3 \text{ mm} \pm 33,3 \%$ ) Ursachen für unterschiedliche Prüfergebnisse bei baugleichen Prüflingen darstellen. Die Ergebnisse von zwei verschiedenen Prüfständen müssen aus diesem Grund nicht zwingend miteinander vergleichbar sein.

Um die im Rahmen des beschriebenen Forschungsprojektes erhaltenen Ergebnisse abzusichern, wurden Vergleichsprüfungen am Schnitzzuschutzprüfstand des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) durchgeführt und Erkenntnisse über die Prüfstände ausgetauscht. Insbesondere bei der Bearbeitung der Bachelorarbeit von SCHIRMER<sup>5</sup> (2013), bei denen jeweils ein Bein von gebrauchten Schnitzzuschutzhosen an der Hochschule Rottenburg und das andere Bein beim KWF geschnitten wurde, konnte diese Prüfkooperation genutzt werden. Des Weiteren wurden gleichartige Proben angefertigt, die sowohl auf dem Prüfstand des KWF, wie auch auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg geschnitten wurden. Die Ergebnisse dieses Prüfstandsabgleichs zeigen, dass bei derzeit auf dem Markt befindlichen Schnitzzuschutzhosen eine hohe Homogenität der Prüfungsergebnisse besteht. Bei einer noch im Entwicklungsstadium befindlichen Schnitzzuschutzeinlage konnten allerdings erhebliche Unterschiede der Prüfungsergebnisse festgestellt werden. Hierzu muss in den kommenden Monaten intensive Ursachenforschung betrieben werden. Der im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführte Umbau des Schnitzzuschutzprüfstandes bietet sehr gute Möglichkeiten der Ursachenanalyse für die gefundenen Prüfstandsabweichungen.

Am Rande des Tages der offenen Tür an der Hochschule Reutlingen kam ein Kontakt mit der Berufsfeuerwehr Reutlingen zustande. Feuerwehren verwenden Schnitzzuschutzhosen als Ausrüstung auf ihren Feuerwehrfahrzeugen. Für den Einsatz von Feuerwehrpersonen sind ebenso Schnitzzuschutzhosen vorgeschrieben, wenn diese mit Motorsägen arbeiten. Die Feuerwehr Reutlingen musterte derzeit eine größere Menge gebrauchter Schnitzzuschutzhosen aus. Es handelte sich hierbei neben Hosen auch um Beinlinge. Aus diesem Bestand stellte die Feuerwehr insgesamt 9 Hosen und 29 Paar Beinlinge zur Verfügung. Es wurde versucht, bei den Herstellern eventuell noch vergleichbare ungebrauchte Hosen und Beinlinge zu bekommen, was sich aber als nicht zu realisieren herausstellte. Damit konnten Untersuchungen und Vergleiche von gebrauchten und ungebrauchten Hosen, wie sie in der Bachelorarbeit von (SCHIRMER) (a.a.O. 2013) gemacht wurden, nicht durchgeführt werden. Zum Ende des Projekts kam dann jedoch noch die Idee auf, die oberste und unterste Lage innerhalb einer einzelnen Hose zu vergleichen.

Externe Prüfaufträge wurden zu Beginn des Projekts an die Hohenstein Institute vergeben.

---

<sup>5</sup> SCHIRMER, S. (2013): „Untersuchung der Eigenschaften fabrikneuer und mehrjährig getragener Schnitzzuschutzhosen der BaySF durch Labor- Schnittprüfungen an den verwendeten Materialien“; Bachelorarbeit an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

## 2 Eingehende Darstellung

### 2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

#### 2.1.1 **Arbeitspaket 1:** Beschreibung der Alterungsparameter und Festlegung eines Altersrahmens für herkömmliche Schnittschutzeinlagen

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Zur Überprüfung der Alterungsparameter von Schnittschutzhosen wurden neben den Personalausgaben wesentliche Teile der Zuwendung für die Beschaffung einer Normwaschmaschine Wascator FOM 71 CLS der Firma James Heal & CO Ltd. zur gleichmäßigen Waschbehandlung der Testpads und für die Optimierung des bestehenden normkonformen Schnittschutzprüfstands der Hochschule Rottenburg eingesetzt.

Die Beschaffung der Normwaschmaschine „Wascator FOM71 CLS“ der Firma James Heal & CO Ltd., Halifax, war nötig, um einen immer gleichen Ablauf eines Waschvorgangs garantieren zu können. Dies ist erforderlich, weil Einlagen mehrmals der gleichen Behandlung unterzogen werden sollen.

Die Waschmaschine wurde im September 2010 von der Carl von Gehlen GmbH & Co.KG für 13.214,95 Euro beschafft. Sie ist aufgrund eines Mikroprozessors in der Lage, eine beliebige Auswahl von Programmschritten selbst einzuspeichern und abzurufen. So können:

- Waschzeiten, Wasserstände und Temperaturen mit großer Genauigkeit und Flexibilität gesteuert werden.
- Waschprogramme selbst programmiert werden, was im Falle des Programms „21A“ geschah (Basis hierzu war das Programm „2A“, welches allerdings einen unerwünschten Schleudergang beinhaltete)
- auf dem PC programmierte Waschprogramme können mithilfe einer Chip-Karte in den Speicher der Normwaschmaschine geladen werden und stehen als Waschprogramm zur Verfügung

Durch die exakte Einstellbarkeit und die hohe Wiederholgenauigkeit ist dieses Gerät für eine wissenschaftliche Waschversuchsreihe in hohem Maße geeignet.

### *Schnittschutzhosenprüfstand*

Der als studentisches Projekt zu Beginn des Wintersemesters 2008/2009 in Betrieb genommene Schnittschutzhosenprüfstand, der nach der Norm DIN 381-1 gebaut wurde, wurde mit allen Vorgaben zum April 2010 fertig gestellt. Der Prüfstand besteht im Wesentlichen aus der ausführenden Einheit mit Schwenkkörper, einer Aufspannvorrichtung (siehe Abbildung 1 [1]) und der Konsole, mit der der Prüfstand angesteuert wird und eine Auswertung des Prüfschnittes vorgenommen wird (Abbildung 1 [2]).



**Abbildung 2: Prüfstand (1) nach DIN 381-1 mit Steuerkonsole (2)**

Der Prüfstand wurde während der Projektphase in einzelnen Bereichen optimiert. Durch eine Gegenüberstellung der veränderten Bestandteile/Abläufe lässt sich der Mehrnutzen leichter erfassen und bewerten:

Änderungen während der Projektlaufzeit

- **Alte Sägeeinheit:** Die Sägeeinheit wurde von einem Motor über zwei Getriebeübersetzungen angetrieben. Dadurch konnte mit einem relativ langsam drehenden Motor eine schnelle Endgeschwindigkeit erreicht werden. Wird eine Schnittschutzeinlage geschnitten, muss der Antrieb im selben Moment abgebremst oder getrennt werden, in dem das Schwert aus der Arretierung gelöst und auf die Probe fallen gelassen wird. Da der Motor zu schwerfällig ist, um schnell genug abgebremst werden zu können, wurde eines der beiden Getriebe mittels Kupplung und elektromagnetischer



Bremse vom Motor getrennt und abgebremst. Die zuverlässige, millisekundengenaue Arbeitsweise war durch diese Trennvorrichtung allerdings nicht garantiert (die besten Schnittschutzeinlagen stoppen die Motorsägenkette in ca. 40 msec.). Auch konnten in den Frequenzumrichter, der dem Motor die notwendigen Drehzahlen vorgab, während der Betriebsphase keine neuen Frequenzen eingegeben werden. Dies musste nach dem Stillstand manuell erfolgen.

- **Neue Sägeeinheit:** Nach dem Umbau wird die im Abstand von 360 mm zum Auftreffpunkt der Sägekette auf den Prüfling schenkbar aufgehängte Sägeeinheit von einem direkt an der Antriebswelle angebrachten Motor (1) angetrieben. Der Anker des Motors wirkt hierbei als Schwungmasse zum Rotationsträgheitsmoment dazu. Durch den direkt an die Sägeeinheit angebrachten Schnellläufer-Motor entfallen die Getriebe und die ungenau arbeitende Bremse. Der inkrementelle Drehgeber ist direkt in den Motor integriert und wird von einem Frequenzumrichter gesteuert, bei dem permanent die Eingabe von Sollwertdrehzahlen möglich ist. Dies alles hat zur Folge, dass die Komponenten besser aufeinander abgestimmt sind und es weniger Schnittstellenprobleme gibt. Die Sägeeinheit lässt sich in der horizontalen Ausgangsposition wie schon zuvor pneumatisch (6) arretieren. Das Kettensägenschwert ist fest verbunden mit einem verschiebbaren Schlitten (3). Dieser Schlitten kann durch einen Hydraulikzylinder (2) bewegt werden und ist mit Läufern verbunden, die auf zwei Schienen längs zur Kettenbewegungsrichtung laufen. Die Läufer lassen sich nach dem Umbau nun auf den Schienen mittels pneumatisch betätigten Klemmelementen fixieren. Wird die horizontale Arretierung (6) gelöst, wird die Einheit durch das Eigengewicht in Richtung Prüfling beschleunigt. Diese Beschleunigung, die sich bei einigen Schnittschutzeinlagen durch die Konstruktionsart des Schnittschutzmaterials zusätzlich erhöht, kann durch einen neu eingebauten Drehgeber (5), der an der Abkippachse angebracht ist, erfasst werden. Durch eine Anzahl von ca. 65.000 Messpunkten / Umdrehung kann der Drehgeber kleinste Bewegungen messen und anzeigen. Ist der Versuch beendet und der Prüfstand soll für die nächste Prüfung vorbereitet werden, wird die Schwenkeinheit über einen weiteren Pneumatikzylinder (4) wieder in die Ausgangsposition angehoben.
- **Einstellbarkeit der Toleranzen:** Besonderes Augenmerk bei der Prüfstandsänderung wurde auf die Variabilität der in der Norm DIN EN 381 zulässigen Toleranzgrenzen gelegt. So kann der neue Schwenkkörper sowohl auf das niedrigste (0,25 kgm<sup>2</sup>) als auch das höchste (0,35 kgm<sup>2</sup>) Trägheitsmoment eingestellt werden und kann somit die in der DIN EN 381 vorgegebene Toleranzextreme simulieren. Die Grenzbereiche der übrigen Wertvorgaben sind im Folgenden aufgeführt:

Messung	Einheit	Wertebereich	Erreicht durch	Besonderheit
Trägheit des Schwenkkörpers	[kgm <sup>2</sup> ]	0,25 bis 0,35	Neukonstruktion des Schwenkkörpers	Änderung beeinflusst keine anderen Werte
Schnittgeschwindigkeit	[m/s]	19,8 bis 20,2	Feinjustierbarer Frequenzumrichter; auch während Bewegung änderbar	Eingestellter Wert schwankt nur um $\pm 0,1 \text{ ‰}$
Auslaufzeit	[s]	3,8 bis 4,2	Änderung der Kettenspannung durch Hydraulikzylinder	Sehr hohe Wiederholgenauigkeit
Schwertgewicht im Prüfpunkt	[N]	14,5 bis 15,5	Gewicht an Schwert ändern	
Auslaufzeit ohne Kette und Ritzel	[s]	25 bis 60	Bremsband um Welle	
Abstand der Kette zum Prüfling	[mm]	2 bis 4	Lineareinheit und Lasermessung	

Tabelle 1: Einstellbare Toleranzen des umgebauten Schnittschutzprüfstands

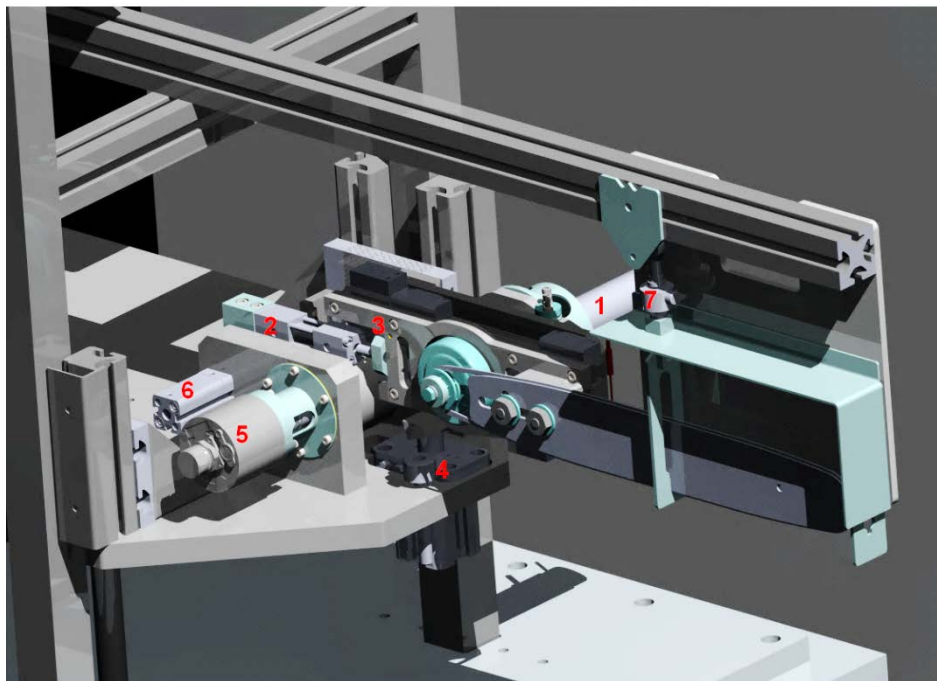


Abbildung 3: CAD-Ansicht der neuen Schwenkeinheit

Nach allen bisher erfolgten Umbaumaßnahmen hat der Prüfstand folgendes Aussehen:



**Abbildung 4: Höhenverstellbarer Prüftisch mit Sägeeinheit und Aufspannvorrichtung**

### *Zusammenfassende Beschreibung*

Für das Arbeitspaket 1 wurden von dem Projektpartner Fa. Thurner vorkonfektionierte Testpads zur Verfügung gestellt. Hierbei handelte es sich um 50 Pads aus dem Material Hermes und um 32 Pads aus Engtex-Material. Für dieses Material wurde gemäß Absprache im Projektkonsortium die Versuchsplanung gemacht. Es wurden jeweils für die definierten Behandlungen Hitze, Kettenöl, Kraftstoff, und saurem und alkalischem Schweiß die Pads bereitgestellt. Weitere Pads wurden für Waschversuche an die Hochschule Rottenburg übergeben.

Die Behandlung der Pads sollte an der Hochschule Reutlingen erfolgen. Die dann so behandelten Pads sollten einerseits an der Hochschule Reutlingen im Labor geprüft werden, weitere Pads sollten mit derselben Behandlung auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg geschnitten werden. Da der Prüfstand zu dem damaligen Zeitpunkt nicht zur Verfügung stand, wurde die Behandlung der dafür vorgesehenen Pads zunächst ausgesetzt. Die Behandlung der anderen Pads und deren Laborprüfung erfolgte planmäßig an der Hochschule Reutlingen in den ersten vier Quartalen des Projekts.

Die Auswertung der Ergebnisse dieser Laborprüfungen zeigte, dass diese Einflüsse auf die Schnittschutzeinlage praktisch keine alternde Wirkung hat.

Im weiteren Verlauf des Projekts wurden die Prüfungen zur UV-Strahlung vorbereitet. Diese Arbeiten mussten später beginnen, da das dazu notwendige Xenontest-Gerät gewartet, eingestellt und kalibriert werden musste. Die UV-Messungen fanden im Zeitraum Projektmonat 12-20 statt. Als Ergebnis zeigte es sich, dass UV-Einstrahlung die Festigkeit der Garne um 27 bzw. 42% (mit und ohne Bewitterung) reduzierte.

Aufgrund der Ergebnisse der anderen Messungen wurden im Projektkonsortium weitere Untersuchungen beschlossen:

- Untersuchung von Weichspüler
- Untersuchung mit erhitztem Öl
- Langzeitversuche mit Öl, Schweiß (sauer und alkalisch) und Weichspüler

Da hierzu weiteres Testmaterial nötig war, wurde beschlossen, für die weiteren Tests ausschließlich Engtex-Material 041 zu verwenden. Hierfür wurden 1000 m Engtex-Schnittschutzmaterial beschafft. Aufgrund der bisherigen Ergebnisse wurde weiterhin beschlossen, Untersuchungen mit Hitze nochmals mit diesem Material durchzuführen.

Für die weiteren Untersuchungen wurden einerseits Testpads gefertigt, andererseits wurden Einzelproben hergerichtet. Die Testpads wurden aus dem neu gelieferten Material in den Nählabors der Hochschule Reutlingen gefertigt.

Für die Untersuchungen mit Weichspüler, mit erhitztem Öl und Hitze als Wiederholung (Serie 2) wurden Testpads gefertigt, die auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg geschnitten werden sollten. Diese Prüfungen wurden in den Monaten 15-20 durchgeführt. Dies umfasste Laborprüfungen an der Hochschule Reutlingen und Schnitttest an der Hochschule Rottenburg. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte zum Teil gemeinsam mit der Hochschule Rottenburg.

Für die Langzeitversuche wurde geplant, genügend Proben für ein halbes Jahr zu fertigen. Diese wurden in die vier Materialien eingelegt. Weiterhin wurden Pads für spätere Schnittversuche eingelegt. Diese sollten geschnitten werden, wenn sich Veränderungen an den entnommen Proben zeigen.

Von den Einzelproben wurden beginnend jede Woche Proben entnommen und geprüft. Nachdem sich nach einigen Wochen keine Veränderungen zeigten, wurde der Zeitraum zunächst auf zwei Wochen und später auf vier Wochen ausgedehnt. Nach Ablauf der 6 Monate zeigten sich keine Schädigungen an den entnommen Proben. Die noch übrigen Proben und Pads wurden weiterhin eingelegt gelassen (s.u.).

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden nach Möglichkeiten weiterer Untersuchungen gesucht. Es ergab sich an der Hochschule Reutlingen die Idee, die Motorabgase der Kettensägen zu untersuchen sowie, einige Monate später, das Schnittschutzmaterial in einem Autoklav zu behandeln. In der Arbeit von Butterstein wurde angeregt, nur ein Besprühen mit Öl zu untersuchen, um einen eventuellen Verharzungs- und Verklebungseffekt zu erzielen. Hierbei sollten die Pads an der Luft gelagert und nicht komplett eingelegt sein.

Die Untersuchungen zu Motorabgasen erfolgten in den Projektmonaten 21 – 24, die Autoklav-Behandlung in den Monaten 27-32. Die Autoklav-Behandlung erfolgte bei einem Industrieunternehmen. Die Proben wurden verschickt und außer Haus behandelt. Nach der Rückkehr der Proben wurden die Laborprüfungen gemacht.

In den Projektmonaten 24 – 25 wurden Testpads produziert für die Behandlung mit Ölbesprühungen. Diese wurden in den Monaten 28-29 in mehrfachen Zyklen mit Öl besprüht und gelagert. Im Dezember 2012 wurden diese Pads an die Hochschule Rottenburg für Schnitttests übergeben.

In Ergänzung zu den oben beschriebenen UV-Untersuchungen wurden in den Projektmonaten 27-31 im Rahmen einer Bachelorarbeit ergänzenden Messungen zur UV-Einstrahlung gemacht. In den ersten Untersuchungen wurden die Messungen mit Bewitterung im Wendelauf durchgeführt, da die Proben von beiden Seiten bewittert werden sollten. Die vergleichende Messung wurde ohne Wendelauf durchgeführt. Um eine Vergleichbarkeit mit und ohne Bewitterung zu erzielen, wurde hier dann eine Untersuchung ohne Bewitterung mit Wendelauf durchgeführt, um in beiden Fällen dieselbe Bestrahlungsdauer zu erhalten. Die Bestrahlungsdauer betrug hierbei 535 Stunden.

Teile der zu Beginn des Projekts erhaltenen Pads wurden für Waschversuche verwendet. Die Waschversuche wurden an der Hochschule Rottenburg durchgeführt. Da die Pads 50 mal gewaschen und jeweils getrocknet wurden, dauerten die Versuche über längere Zeiträume an. Nach definierten Anzahlen von Waschungen (10, 20, 25, 40 und 50 Waschungen) wurden jeweils an der Hochschule Rottenburg von den Pads 10 Schuss- und Kettfäden entnommen und nach und nach an die Hochschule Reutlingen übergeben. Die Auswertungen der erhaltenen Fäden erfolgte nach und nach ab Projektmonat 22. Die letzten Fäden wurden in Projektmonat 31 geliefert und anschließend gemessen. Die zusammenstellende Auswertung der Laborprüfungen erfolgte in den Monaten 32 und 33.

Ab Projektmonat 25 wurde an Hochschule Rottenburg eine Bachelorarbeit von Schirmer durchgeführt (a.a.O.). Hierbei waren auch textile Laborprüfungen geplant. Die Hochschule Reutlingen leistet hierbei Unterstützung durch Bereitstellung des Labors und des Prüfgeräts sowie durch Bedienungs- und Sicherheitseinweisung in die Verwendung des Prüfgeräts. Die textilen Messungen wurden von dem Studenten dann weitgehend eigenständig durchgeführt.

Im weiteren Verlauf der Arbeit leistete die Hochschule Reutlingen Unterstützung bei der textilchemischen Materialbestimmung. Dies wurde in den Laboren der Hochschule Reutlingen und durch deren Mitarbeiter durchgeführt.

Das Ergebnis der Arbeit ist auch Arbeitspaket 4 zuzuordnen. Nach der Fertigstellung der Arbeit und der Präsentation für das Projektkonsortium in Projektmonat 33 ergab sich an der Hochschule Reutlingen die Idee, noch vorhandene getragene Schnittschutzhosen und Beinlinge der Feuerwehr Reutlingen für ähnliche Tests zu verwenden. Da diese Hosen und Beinlinge teilweise schon ziemlich alt waren und es nicht möglich war, unbenutztes Vergleichsmaterial zu erhalten, wurden diese zunächst nicht weiter untersucht. Inspiriert durch die Vorgehensweise in der o.g. Bachelorarbeit sollten diese Hosen dann nicht gebraucht gegen unbenutzt untersucht werden, sondern es wurden die Lagenstapel in sich untersucht. Dabei wurden die unterste mit der obersten Lage verglichen. Hierdurch könnte z.B. festgestellt werden, ob Schweißeinfluss die unterste Lage schädigen. Diese Arbeiten wurden in den Monaten 35 – 38 durchgeführt. Die Ergebnisse wurden auch in einer Feuerwehrfachzeitschrift veröffentlicht.

In den Projektmonaten 34-35 wurden oben erwähnte Pads, die für die Langzeitversuche vorgesehen waren, vorbereitet (im Wesentlichen getrocknet) für Schnitttest. Nach jeweils mehrwöchigem Abhängen wurden die Pads an die Hochschule Rottenburg übergeben. Dort wurden diese geschnitten und die Ergebnisse ausgewertet (Abzählen der geschädigten Lagen und Messen der Öffnungsgrößen).

### Waschen, Schleudern und Weichspüler

Es wurden an der Hochschule Rottenburg entsprechend der in Kapitel 1.3. dargelegten Weise Pads von 2 verschiedenen Schnittschutzeinlagen gewaschen. Es waren die zum einen Pads aus dem Material der Fa. Engtex sowie zum anderen solche hergestellt aus dem Material der Fa. .Hermes. Neben den Schneidtests auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg wurden von beiden Materialien die Kett- und Schussfäden nach dem Waschen entnommen und einer Zugprüfung unterzogen.

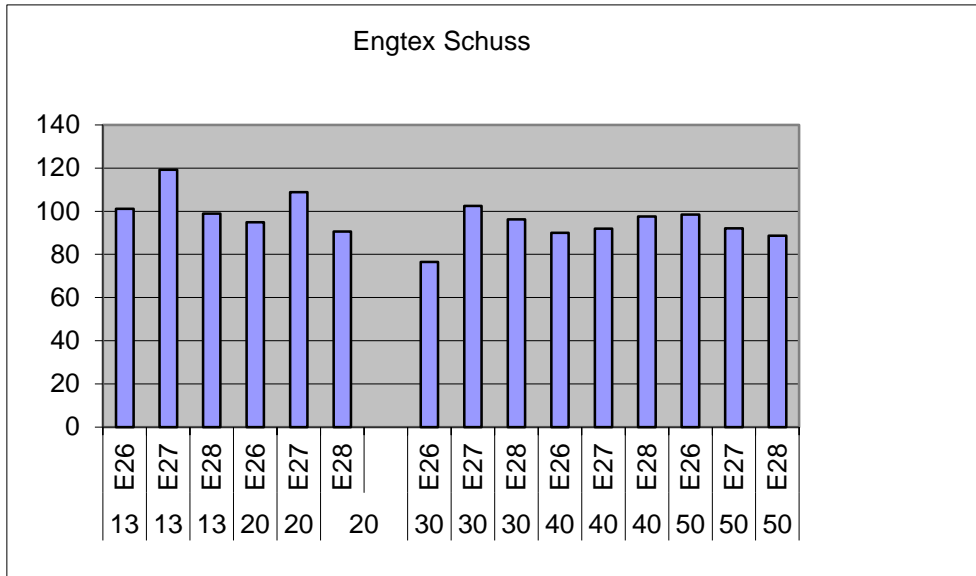


Abbildung 5: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 13, 20, 30, 40 und 50 Waschungen

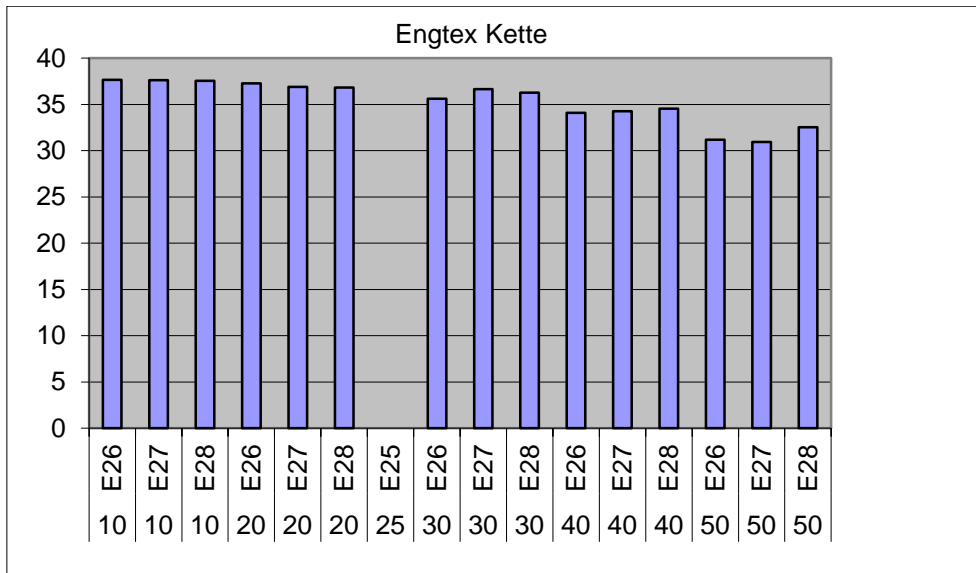


Abbildung 6: Höchstzugkraft [N] der Kettgarne nach 13, 20, 30, 40 und 50 Waschungen

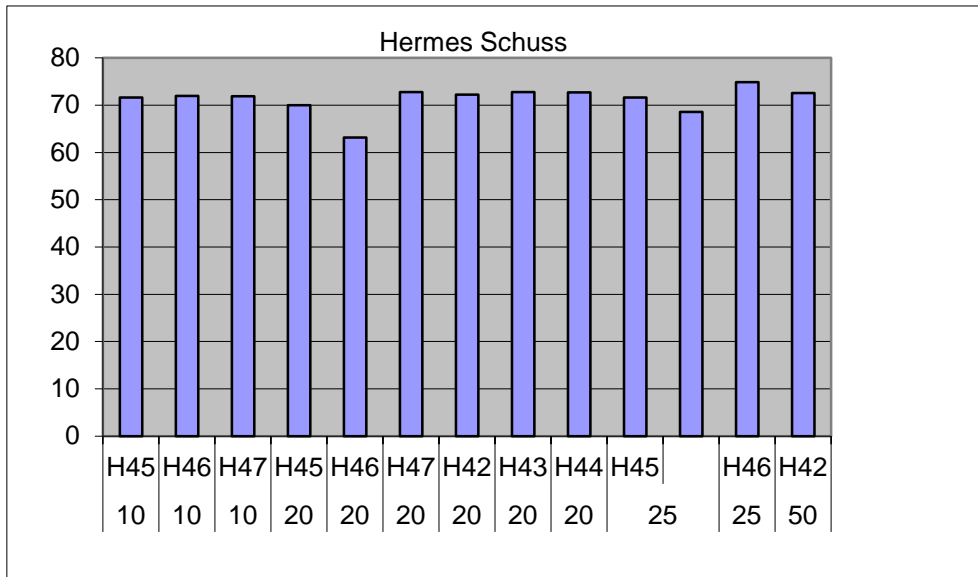


Abbildung 7: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20, 25 und 50 Waschungen

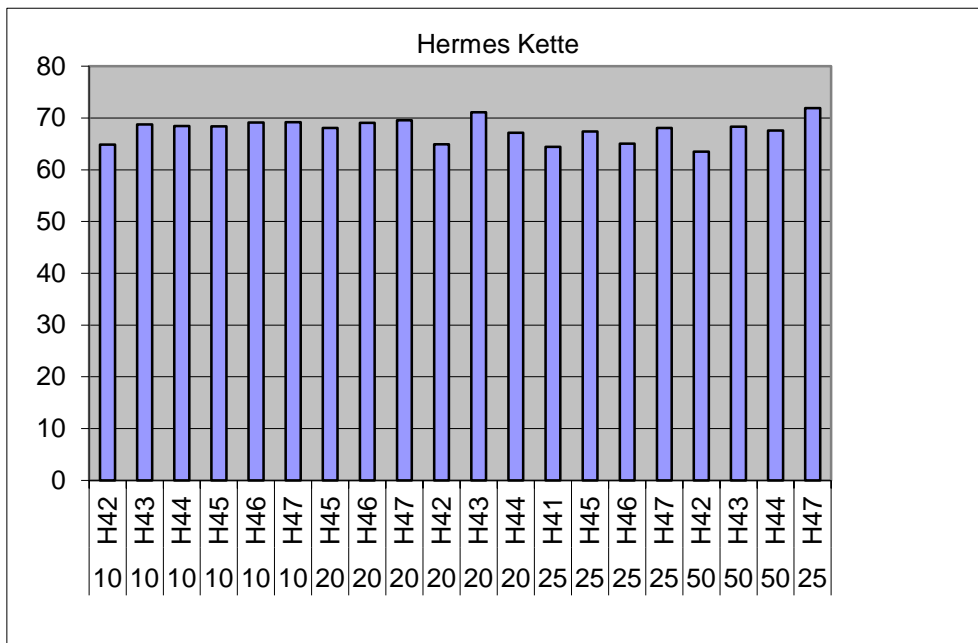


Abbildung 8: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20, 25 und 50 Waschungen

Die Abbildungen der Mittelwerte der Höchstzugkräfte der Kett- und Schussgarne zeigen keine Schädigung durch die Waschzyklen. Diese Ergebnisse konnten durch die Schnitttests bestätigt werden.

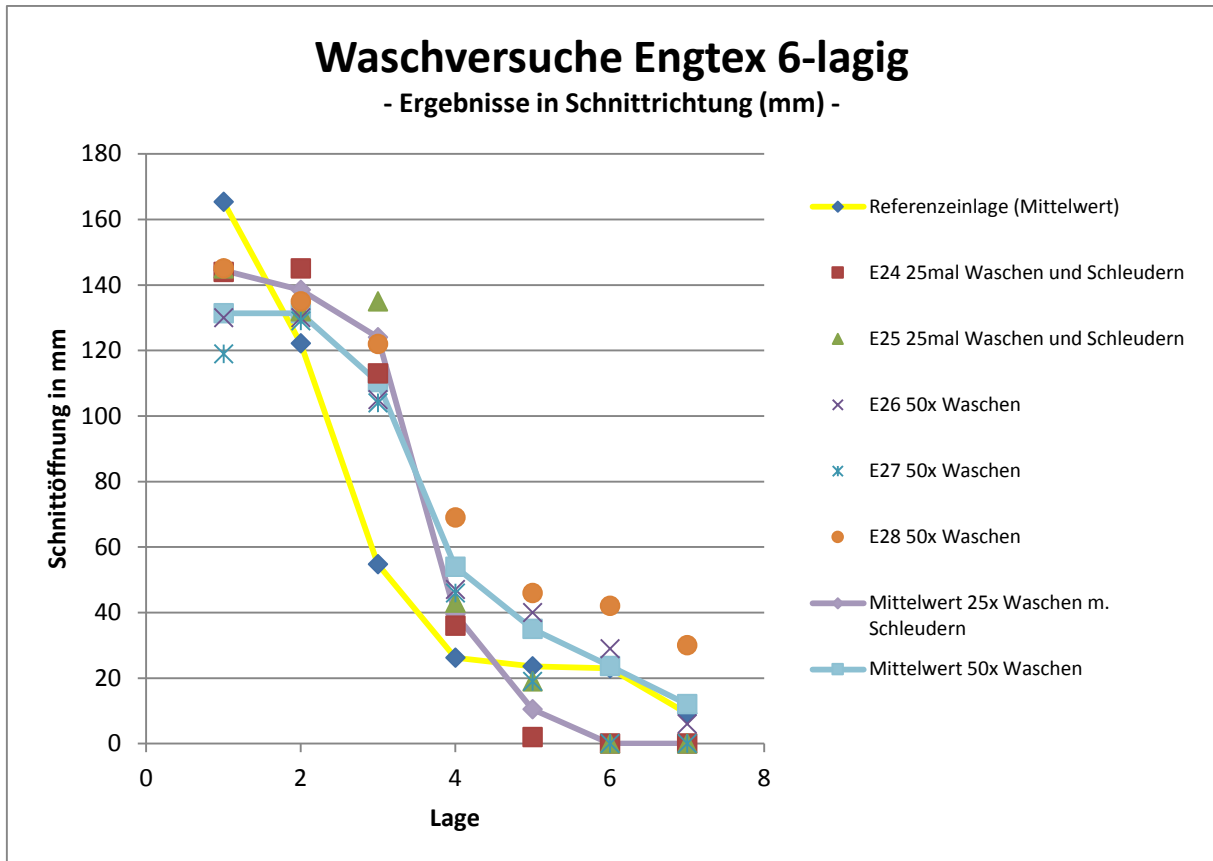


Abbildung 9: Wirkung von Waschen auf die Schnittsicherheit von 6-lagigen Engtex-Einlagen

Die Statistik zum folgenden Versuch ergibt, dass bei 25 Waschvorgängen mit anschließendem Schleudern kein signifikanter Unterschied zwischen der unbehandelten Referenzlage 1 und der behandelten Lage 1 besteht. (U-Test: ,095)

Ebenso beim Test des Futterstoffs- U-Test: ,095 ~kein signifikanter Unterschied.

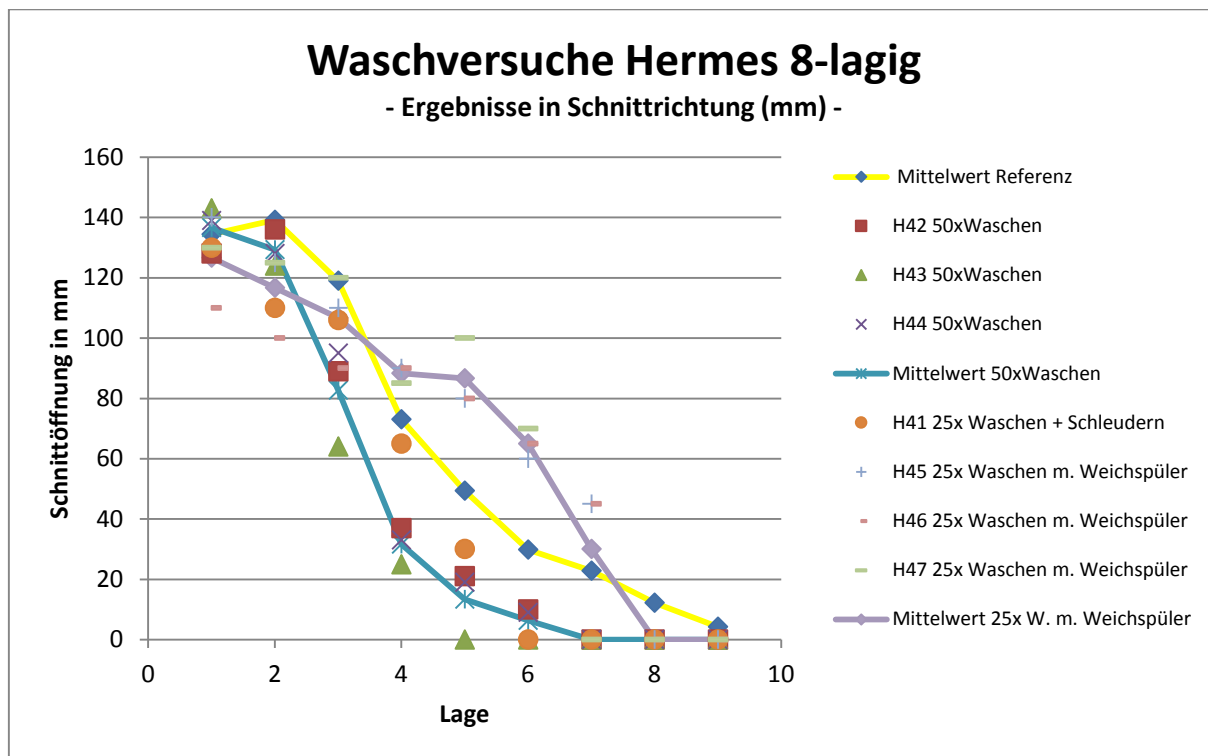
Bei 50 Waschvorgängen ergab der Signifikanztest der Lage 1: t- Test: ,024 sowie der des Futterstoffs: U- Test: ,0 einen signifikanten Unterschied.

(Anmerkungen zur Statistik: Die Irrtumswahrscheinlichkeit für alle Tests wird mit  $\alpha = 0,05$  festgelegt, getestet wurde stets das unbehandelte Referenzpad gegen das behandelte Pad, verwendet wurden in Abhängigkeit von der Verteilung folgende Testprozeduren: der U- Test nach Mann-Whitney und der one-sample t- Test.)

Bei den Versuchsreihen mit 6-lagigem Engtex-Material wird deutlich, dass auch nach 50 Waschzyklen kein wesentlicher Einfluss auf die Schnittsicherheit der Schnittschutzeinlagen nachgewiesen werden kann. Insbesondere die Versuchsreihe „Waschen mit Schleudern“ zeigt das auffällige Ergebnis, dass sich die Schnittsicherheit im Vergleich zu den Referenzeinlagen deutlich verbessert. Diese Ergebnis ist insofern bemerkenswert, weil derzeit alle Konfektionäre von Schnittschutzhosen das Schleudern ihrer Hosen ausdrücklich untersagen. Es kann vermutet werden, dass es durch den Schleudervorgang der Schnittschutzeinlagen zu einer Verfilzung des Materials kommt, wodurch der Fadenzugwiderstand geringfügig erhöht wird. Erhöht sich der Fadenzugwiderstand, ohne dass es zu einer vermehrten Durchtrennung von Fäden kommt, geht ein höherer Energiebetrag der laufen Motorsägen-



kette auf das Schnittschutzmaterial über, wodurch es zu einem schnelleren Stillstand der Motorsägenkette kommt.



**Abbildung 10: Wirkung von Waschen auf die Schnittsicherheit von 8-lagigen Hermes-Einlagen**

Bei 25 sowie 50 bei Waschvorgängen der Proben des Herstellers Hermes zeigten sich in der statistischen Auswertung jeweils keine signifikanten Unterschiede zwischen den unbehandelten Referenzlagen und den behandelten Proben.

50 Waschvorgänge: Lage 1: t-Test: ,605

Futterstoff: U- Test: ,393

25 Waschvorgänge mit Weichspüler: Lage1: t-Test: ,307

Futterstoff: U- Test: ,393

Die Versuchsreihe mit 8-lagigem Hermes-Material zeigt das überraschende Ergebnis, dass sich die Schnittschutzeinlagen durch alle überprüften Arten von Waschvorgängen bezüglich der Schnittsicherheit verbessern. Überraschend ist das Ergebnis insofern, als derzeit die meisten Konfektionäre von Schnittschutzhosen derzeit als Altersbeschränkung für ihre Produkte 25 Wäschen angeben. Diese allgemeine Altersgrenze für die Sicherheit von Schnittschutzhosen kann damit als widerlegt bezeichnet werden. Bestätigt wird hier, wenn auch nur mit einem geringen Stichprobenumfang, dass sich das Schleudern des Materials positiv auf die Schnittsicherheit auswirkt.

Es stellt sich die Frage, warum es durch die Waschvorgänge besonders bei den Hermes-, aber auch bei den Engtex-Einlagen zu einer deutlichen Verbesserung der Schnittsicherheit gekommen ist. Hierfür wurde das Schrumpverhalten der Einlagen durch die Waschvorgänge näher untersucht:

**ENGTEX-Einlagen 6lagig Form C (Mittelwerte)**

	Schrumpfung in Längsrichtung	Schrumpfung in Querrichtung
nach 25 Wäschen	5,9%	8,1%
nach 50 Wäschen	4,6%	6,1%
über alle Waschdurchgänge	5,1%	6,9%

**HERMES-Einlagen 8lagig Form A (Mittelwerte)**

	Schrumpfung in Längsrichtung	Schrumpfung in Querrichtung
nach 25 Wäschen	10,6%	9,7%
nach 50 Wäschen	13,8%	7,8%
über alle Waschdurchgänge	12,0%	8,9%

**Tabelle 2: Stärke des Schrumpf von Engtex- und Hermes-Einlagen nach 25 bzw. 50 Wäschen**

Aus den oben dargestellten Tabellen wird deutlich, dass beide Schnittschutzmaterialien ein deutliches Schrumpfverhalten aufweisen. Insbesondere die Hermesmaterialien weisen mit einer Schrumpfung größer 10% ein starkes Schrumpfverhalten auf. Auch wenn diese Werte nicht den exakten Schrumpf angeben, wie dieser auch in fertig konfektionierten Hosen vorkommen würde, weil dieses nach dem Waschen besser in die ursprüngliche Form gezogen werden kann, legen die Ergebnisse der Schrumpfmessungen nahe, dass die Schrumpfung des Materials die Verbesserung der Schnittschutzwirkung hervorruft. Bei der Schrumpfung des Materials erhöht sich die Fadendichte, was zu einem erhöhten Fadenangebot beim Herausziehen von Fäden durch den Motorsägezahn und damit zu einer höheren Fadenmenge am Antriebsritzeln der Motorsäge führt.

Dieser zunächst positiv erscheinende Aspekt der Schrumpfung des Schnittschutzmaterials bringt allerdings den wesentlichen Nachteil mit sich, dass durch die Schrumpfung das Schnittschutzmaterial im Hosenbein kürzer wird als der Oberstoff und es zu Wellenbildung und zu einer Schutzlücke zwischen Schuhen und Hose kommen kann. Aus diesem Grund wäre es wünschenswerter, wenn Schnittschutzmaterialien einen deutlich geringeren Schrumpf bei gleichzeitig gleichbleibender Schnittsicherheit aufweisen würden.

**Weichspüler**

Eingie Pads wurden entgegen den Empfehlungen der Hersteller beim Waschen zusätzlich einem Weichspüler der Marke „Lenor Aprilfrisch“ ausgesetzt. Das Ergebnis bei der Ermittlung der Höchstzugkraftswerte der Garne wies ebenfalls keine Schädigung auf.

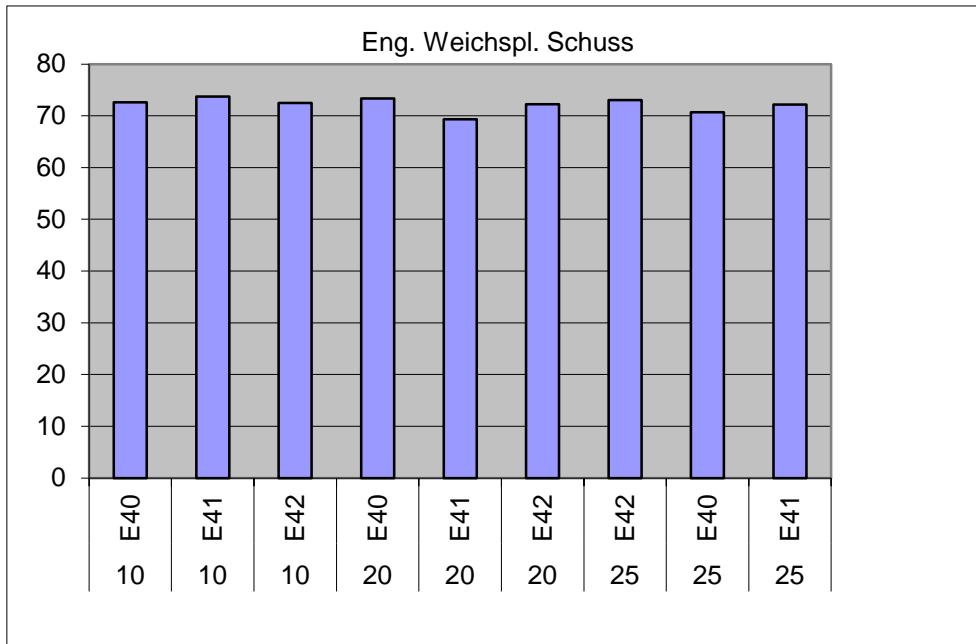


Abbildung 11: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20 und 25 Waschungen

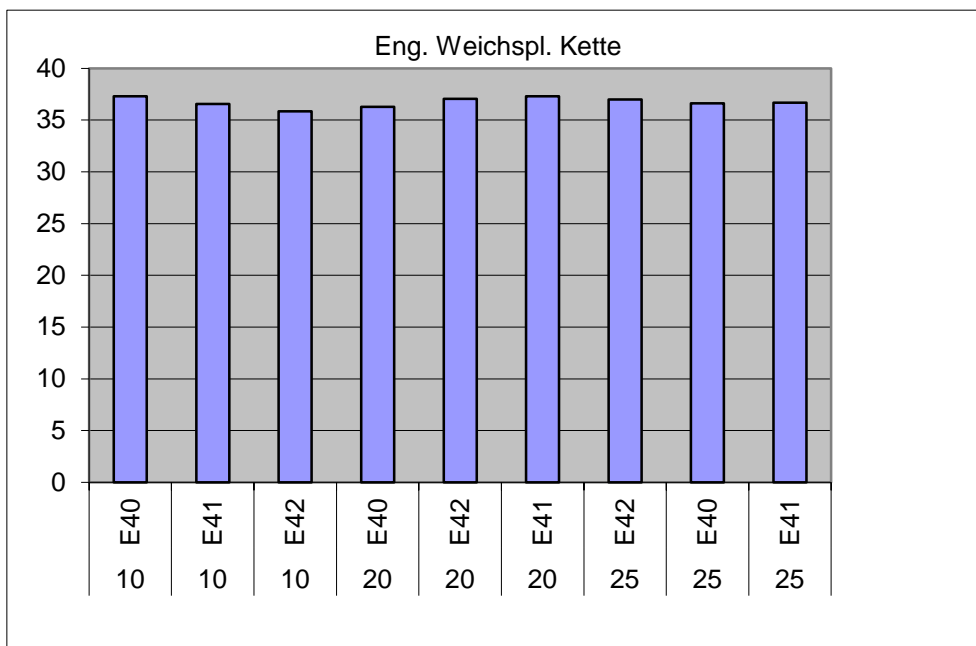
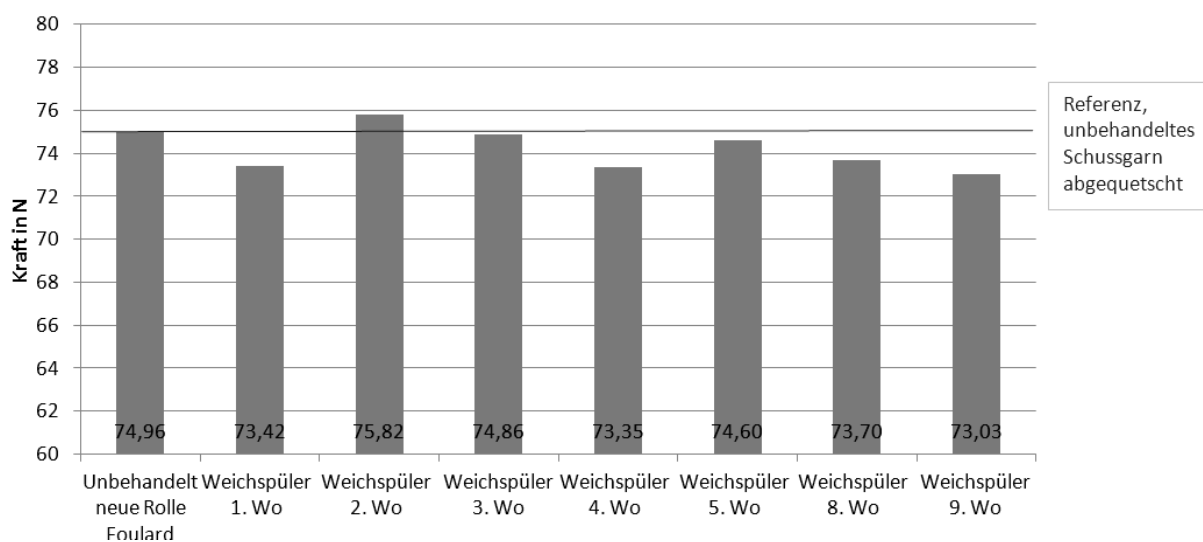


Abbildung 12: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20 und 25 Waschungen

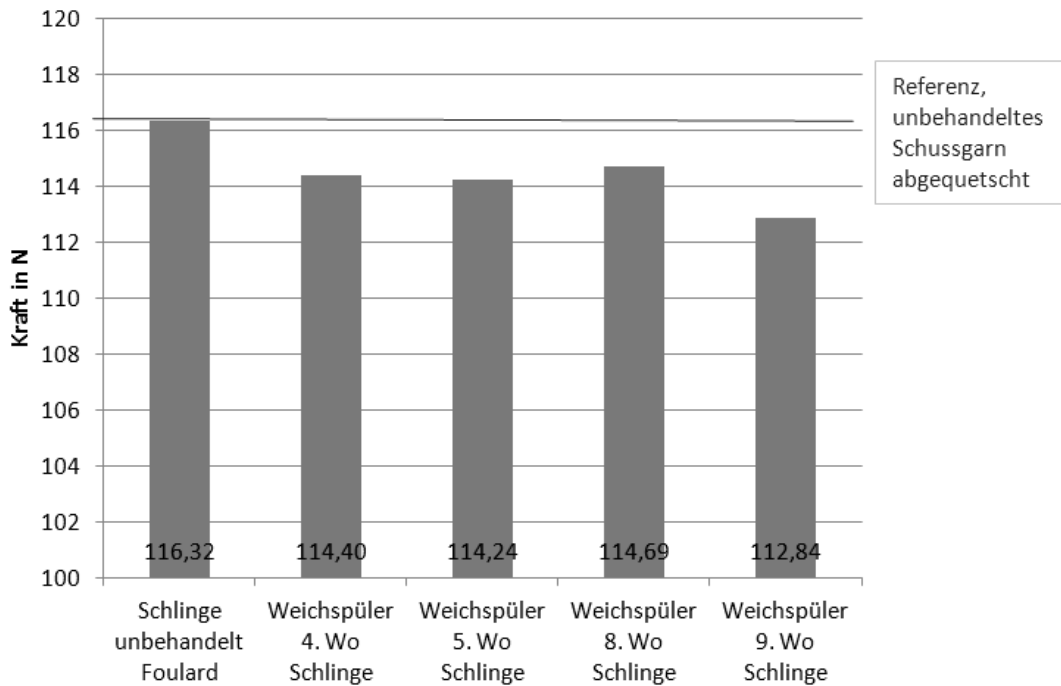
Neben dem Waschen mit Weichspüler wurden Farne und Pads aus dem Material Engtex 041 in Weichspüler eingelegt und nach und nach entnommen (PAPE,A. {1} a.a.O.).

	1 Wo Weichspüler Kraft	Unbehandelte Probe Kraft	1 Wo Weichspüler Dehnung	Unbehandelte Probe Dehnung
Mittelwert bei $F_H$ in N	73,6	75,0	26,2	26,1
Maximum bei $F_H$ in N	76,3	76,1	27,5	27,4
Minimum bei $F_H$ in N	70,7	72,5	24,0	23,8
Standardabweichung bei $F_H$ in N	1,61	1,10	1,20	1,10
Variationskoeffizient bei $F_H$ in %	2,18	1,52	4,69	4,36

**Tabelle 3: Statistische Auswertung einfacher Zugversuch am Schussgarn, Vergleich Weichspüler, eine Woche Einwirkzeit mit unbehandelter Probe**



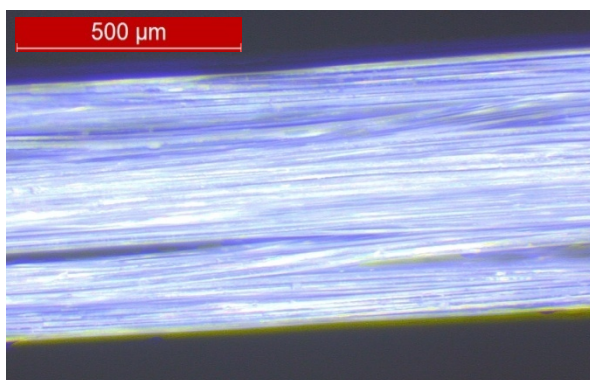
**Abbildung 13: Vergleich der Mittelwerte Höchstzugkraft des Weichspüler-Schussgarns nach mehrwöchiger Einwirkzeit mit einer unbehandelten Referenz, einfacher Zugversuch<sup>1</sup>**



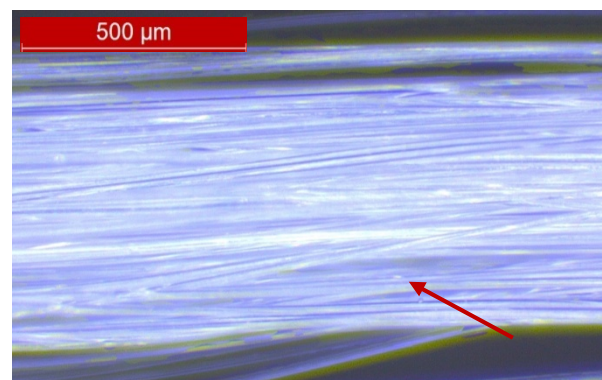
**Abbildung 14: Vergleich der Mittelwerte Höchstzugkraft des Weichspüler-Schussgarns nach mehrwöchiger Einwirkung mit einer unbehandelten Referenz, Schlingenzugversuch**

Neben der Zugversuchen wurden die Garne unter dem Makroskop betrachtet (PAPE, A [1] a.a.O.):

Die Betrachtung ausgewählter Garne unter einem Makroskop soll mögliche Ablagerungen auf der Filamentoberfläche aufzeigen. Hierzu wird, bei 40-facher Vergrößerung, ein unbehandeltes Schussgarn mit den mit Weichspüler eingewirkten Garnen verglichen. Auf der unbehandelten Probe sind keine Ablagerungen sichtbar. Bereits nach einer Woche Einwirkzeit in der Weichspüler-Lösung sind sehr vereinzelt Ablagerungen zu sehen Diese nehmen nach vier Wochen Einwirkung zu und sind nach neun Wochen vermehrt aufzufinden

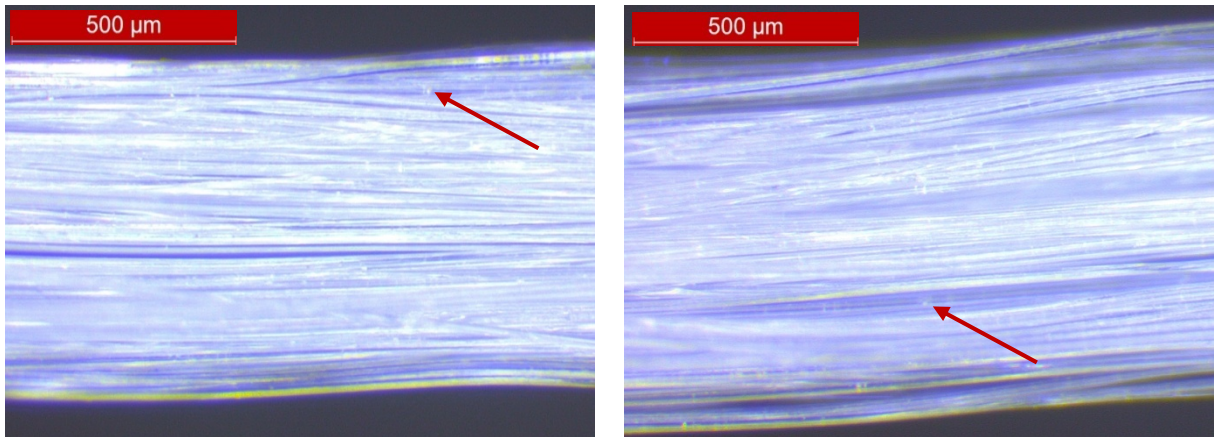


**Makroskop-Aufnahme, unbehandelte Probe<sup>6</sup>**



**Makroskop-Aufnahme, eine Woche mit Weichspüler behandelte Probe**

<sup>6</sup> Blaue und gelbe Einfärbungen ober- und unterhalb des Filaments sind bedingt durch die Lichtbrechung auf dem Garn.



Makroskop-Aufnahme, vier Wochen mit Weichspüler behandelte Probe

Makroskop-Aufnahme, neun Wochen mit Weichspüler behandelte Probe

Abbildung 15: Vergleich unbehandelter und behandelter Proben

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass keine Beschädigung durch Weichspüler eintritt, wohl aber Ablagerungen, die zu einer Verklebung der Garne führen kann.

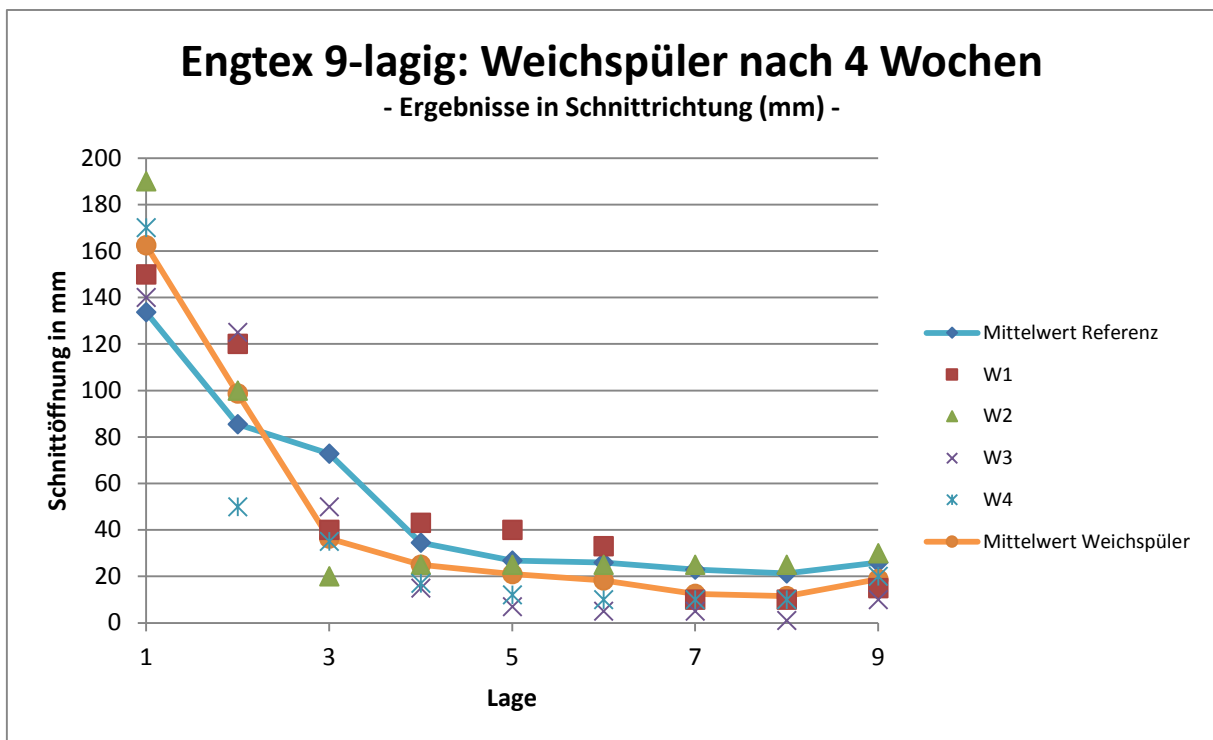


Abbildung 16: Wirkung von Weichspüler auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (4 Wochen)

Bei dem Versuch „Weichspüler nach vier Wochen“ zeigt sich folgendes statistische Ergebnis: Referenzlage 1 (unbehandelt) getestet gegen Lage 1 (behandelt): t-Test: ,145~ kein signifikanter Unterschied.

Ebenso bei Lage 9: U- Test: ,343~ kein signifikanter Unterschied.

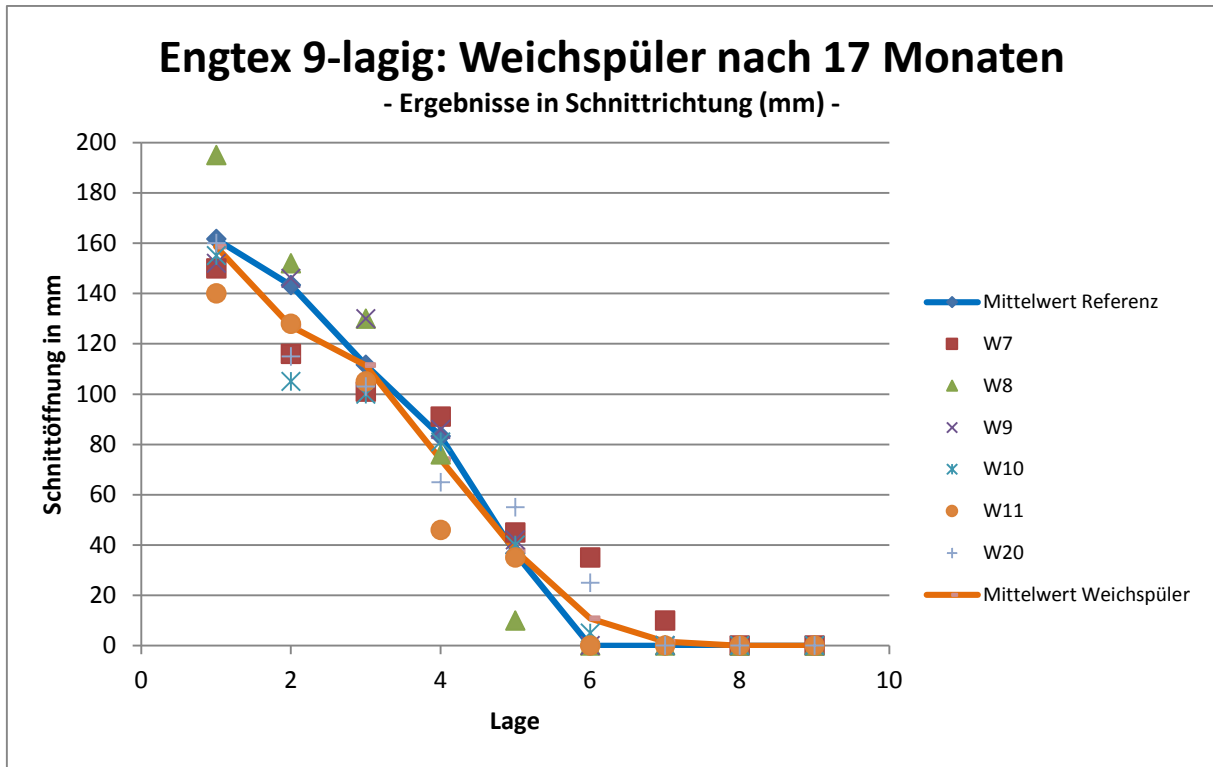


Abbildung 17: Wirkung von Weichspüler auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate)

Der Versuch „Weichspüler nach 17 Monaten“ zeigt ein vergleichbares Ergebnis:

Lage 1: U- Test: ,262~ kein signifikanter Unterschied.

Lage 9: U- Test: 1~ kein signifikanter Unterschied.

Die Ergebnisse des Einlegens von Schnittschutzpads in Weichspüler zeigen weder nach 4 Wochen noch nach 17 Monaten Hinweise auf eine Förderung des Altersprozesses. Es kann nach den Versuchsreihen davon ausgegangen werden, dass die Verwendung von Weichspüler keinen negativen Einfluss auf die Schnittsicherheit von Schnittschutzhosen hat.

Der bisherige Stand der Technik ging davon aus, dass eine Erhöhung des Fadenzugwiderstandes negative Auswirkungen auf die Schnittsicherheit von Schnittschutzeinlagen hat (WICHMANN<sup>7</sup>, 2001). Diese Untersuchungen wurden an Einlagen durchgeführt, die vorwiegend aus Polyamiden bestanden. In den letzten Jahren werden vorwiegend Polyester-, Polypropylen- und Polyethylenfasern verwendet, weshalb diese damals aufgestellte These in Frage gestellt werden kann. Bei den im Projekt untersuchten Schnittschutzeinlagen handelt es sich um solche aus Polyestergeräten. Die Hersteller von Schnittschutzeinlagen und die Konfektionäre von Schnittschutzhosen werden in Zukunft gefragt sein, eigene Tests mit den von Ihnen hergestellten oder verwendeten Materialien durchzuführen um hier eine Material-spezifische und für die jeweilige Hose unbedingt zutreffende Aussage tätigen zu können.

<sup>7</sup> WICHMANN, S. (2001): „Untersuchung von durch Kettenkontakt unbrauchbar gewordenen Schnittschutzhosen“; Diplomarbeit der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg

Die visuelle Auswertung der Aufzeichnungen einer an den Prüfstand angeschlossenen Hochgeschwindigkeitskamera, welche 2000 Bilder pro Sekunde liefert, zeigt deutliche Abweichungen im Schnittvorgang. Bei unbehandelten Referenzeinlagen aus Hermes-Material werden zahlreiche lange Fäden von der Kette erfasst, ins Ritzel und bis um den Umlenkstern an der Schwertspitze gezogen; der Fadenzug erfolgt einzelfadenweise. Bei gewaschenen Pads hingegen reißen die Fäden ab und reichen nur etwa bis zur Mitte des Schwertes.

Diese Beobachtungen des Hermes-Materials liefern die Erkenntnis, dass sich eine Veränderung der Sicherheitswirkung ergibt. Bei ungewaschenen Einlagen ist das Verstopfen des Ritzels zu einem wesentlich höheren Anteil für die Stopwirkung der Kette verantwortlich als bei gewaschenen. Es ist davon auszugehen, dass die verfilzten Fasern von gewaschenen Einlagen durch den höheren Fadenzugwiderstand bereits einen Teil der Energie der Sägekette absorbieren. Die verstopfende Wirkung am Ritzel spielt nur noch eine untergeordnete Rolle für die Stopwirkung. Erklärbar ist dies darüber hinaus durch eine höhere Fadedichte je Flächeneinheit der Schnittschutzeinlage, verursacht durch die Schrumpfung. Das abweichende Verhalten des Fadenzugs kann allerdings negative Auswirkungen auf die Unfallvermeidung der Hosen haben: Kommt es nicht zu einer Verstopfung des Ritzels kann in einer realen Unfallsituation vermutet werden, dass bei einer höheren Kettengeschwindigkeit oder wenn der Anwender in der Unfallsituation nicht vom Gas geht eine vollständige Durchtrennung der Hose wahrscheinlich ist. Diese Hypothese – und damit die Konformität der Norm DIN EN 381 mit gängigen Unfallszenarien – sollte in einem Folgeprojekt untersucht werden.

Die Videoauswertung bei unbehandelten Einlagen aus Engtex-Material zeigt, dass sehr viele Fäden ins Ritzel gezogen werden. Diese reichen teilweise bis zur Schwertmitte, teilweise wickeln diese sich um den Umlenkstern herum. Bei gewaschenen Engtex-Pads werden kaum Fäden ins Ritzel gezogen. Interessant ist, dass trotz des abweichenden Fadenzugsverhaltens kein signifikanter Unterschied zwischen den gewaschenen und den ungewaschenen Pads nachgewiesen werden kann. Nach den theoretischen Überlegungen zu Projektbeginn war davon auszugehen, dass das Einziehen einer Wirkstruktur, also des Flächengebildes, wie es bei den unbehandelten Referenzpads zu sehen war, zu einer höheren Schnittsicherheit führen müsse, als das Einziehen von Einzelfäden der gewaschenen Pads. Diese Einschätzung ließ sich durch die Versuchsreihe nicht bestätigen. Hierdurch entstand erstmalig die Hypothese, dass das Reißen des Sägezahns am vollständigen Gewirkverbund deswegen zu vergleichbaren Ergebnissen führt wie das Ziehen von Einzelfäden, weil der Zug an der Gewirkstruktur die laufende Sägekette aktiv in das Schnittschutzmaterial hereinzieht, also eine Beschleunigung der Abwärtsbewegung der gesamten Schwenkeinrichtung bewirkt, an der Kette und Schiene montiert sind. Diese Hypothese soll nach Abschluss der Umbaumaßnahmen des Prüfstands überprüft und separat veröffentlicht werden, indem nach dem Anbau eines zusätzlichen Drehgebers an den Schnittschutzprüfstand, die Abwärtsbeschleunigung des Sägekörpers über die Zeit dargestellt werden kann.

Folgerungen für die Praxis:

Zur Beurteilung der Schnittsicherheit von 50 mal gewaschenen Einlagen ist über das Resultat der Öffnungsweiten beim Prüfschnitt hinaus ein weiterer Aspekt zu berücksichtigen: durch die Schrumpfung reduziert sich die Schnittschutzeinlage sowohl in Länge als auch Breite.



Daraus resultiert eine geringere Abdeckung in den Randbereichen der Schnitenschutzhose, d. h. in den Bereichen Bund und Beinabschluss, ebenso wie in der vorderen Abdeckung des Beines bei Schnitenschutzhosen der Form A (180°-Schnittschutz an der Vorderseite des Beins zuzüglich mindestens 5 cm Verbreiterung auf der jeweils linken Seite des Hosenbeins).

Waschen stellt somit eine nachweisbare Veränderung der SchnitSchutzeinlage dar. Die Schnittsicherheit bleibt weitgehend erhalten, jedoch kann es durch die geringere Abdeckung des Beins zu eventuellen Sicherheitslücken, vor allem im Übergangsbereich Hose und SchnitSchutzstiefel durch die verringerte Länge der SchnitSchutzeinlage, kommen.

Der erkennbare Unterschied zwischen den im Rahmen dieses Forschungsprojektes getesteten SchnitSchutzmaterialien von Engtex (041) und Hermes im Verhalten nach dem Waschen macht deutlich, dass unterschiedliche SchnitSchutzmaterialien unterschiedlich auf die alltägliche Behandlung reagieren werden. Insbesondere die Auswertung der Videos der Hochgeschwindigkeitskamera zeigt deutlich, dass intensiver und Materialindividueller an den folgenden der alltäglichen Einflussfaktoren auf SchnitSchutzhosen geforscht werden muss. Aufgrund der Fülle an unterschiedlichen SchnitSchutzmaterialien, die derzeit zum Einsatz kommen und der Unkenntnis der Käufer von SchnitSchutzhosen, welches Material in welcher Hose Verwendung findet, sind die Hersteller gefragt, ein deutlich höheres Maß an Transparenz zu bieten. Diese Transparenz muss sich auf die Information über den Typ des verwendeten SchnitSchutzmaterials beziehen, aber auch auf die Forschung und Weitergabe der Ergebnisse, wie die Materialien auf die alltägliche Beanspruchung bei der Verwendung reagieren.

### *Kraftstoff*

Untersuchungen mit Motorabgasen wurden mit Abgasen von Motorsägen verwendet. Diese Arbeiten wurden im Rahmen einer weiteren Bachelorarbeit durchgeführt: „Einflussparameter auf die Schutzwirkung von SchnitSchutzhosen- Auswirkungen unterschiedlicher Konstruktionsweisen von SchnitSchutzeinlagen -- Motorenabgase als Alterungsfaktor“ von Nicolai Groß (Groß[1]).

Es wurden zwei Versuche durchgeführt, einmal mit „altem“ Kraftstoff, eine herkömmliche 2-Takt Kraftstoffmisch mit Super-Benzin und einem Ölanteil von 1:25, zum anderen ein aktueller 2-Takt-Kraftstoff mit vollsynthetischem Öl im Mischungsverhältnis 1:50 von der Marke Oest Oecomix.2T. Hierzu wurden auch 2 Motorsägen, eine ca. 30 Jahre alte Säge der Marke Solo und eine neue Säge der Marke Husqvarna, verwendet. Als Proben wurden die Schussfäden des Engtex-Material verwendet.

Um die Proben längere Zeit mit Abgasen von Motorsägen zu kontaminieren, ist ein Gefäß erforderlich das einen luftdichten Verschluss gewährleistet. Da der Versuch parallel für beide Varianten durchgeführt werden sollte, war der Versuchsaufbau in doppelter Ausführung erforderlich. Je Versuch wurden die Proben mit einer Pinzette in eine Woulff'sche Flasche eingebracht. Um einen luftdichten Verschluss über mehrere Tage sicherzustellen, wurden Dichtstopfen und Absperrhahn mit passenden Teflonmanschetten versehen. Der innere Konus der Absperrhähne wurde mit Schliff fett bestrichen. Eine der drei Öffnungen der Woulff'schen Flasche wurde vor Versuchsbeginn mit einem Stopfen verschlossen, eine weitere Öffnung wurde mit dem geöffneten Absperrventil versehen. Ein Silikon Schlauch wurde

an einem Ende mit einem Kunststofftrichter versehen, das andere Ende wurde in die Woulff'sche Flasche mit dem darin befindlichen Garnmaterial eingeführt.

Um die Abgase in die Woulff'sche Flasche einzuleiten, wurde der Kunststofftrichter über den Abgasauslass der laufenden Motorsäge gestülpt. Der Absperrhahn war hierbei geöffnet, damit die im Behälter sich befindende Luft entweichen konnte. An der Motorsäge wurde etwa Halbgas gegeben und die Abgase etwa 30 Sekunden in die Woulff'sche Flasche eingeleitet. In dieser Zeit wird die Luft in dem Gefäß größtenteils durch die Motorabgase verdrängt und das Garnmaterial kontaminiert. Der Schlauch wurde aus der Öffnung gezogen und diese mit einem Dichtstopfen sofort sorgfältig verschlossen. Gleichzeitig musste der Absperrhahn verschlossen werden. Beide Gefäße wurden anschließend luftdicht verschlossen und lichtgeschützt bei Raumtemperatur für sieben Tage aufbewahrt.

Danach wurden die Proben in einem Fadenzugversuch untersucht. Bei der Auswertung der Dehnungsverläufe der Proben zeigten sich weder anhand des Kurvenverlaufs noch anhand der Höchstzugkraft markante Abweichungen der Referenzproben gegenüber den behandelten Proben. Mit der Diagrammauswertung waren keinerlei faserschädigende Auswirkungen durch die vorgenommene Abgasbehandlung auf die Garnproben feststellbar, vgl. die nachfolgenden Tabellen.

<b>Vergleich der Höchstzugkraftwerte Engtex 041</b>				
	<b>MW Höchstzugkraft (N)</b>	<b>SA (N)</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Veränderung der Höchstzugkraft (%)</b>
<b>Schussgarn unbehandelt</b>	<b>70,56</b>	<b>2,00</b>	<b>2,78</b>	<b>-</b>
<b>Schussgarn begast a) ÖKOMIX</b>	<b>72,05</b>	<b>1,30</b>	<b>1,85</b>	<b>2,11</b>
<b>Schussgarn begast b)</b>	<b>71,71</b>	<b>1,90</b>	<b>2,59</b>	<b>1,63</b>

Tabelle 4: Vergleich der Höchstzugkraftwerte

Vergleich der Höchstzugkraftdehnungswerte Engtex 041				
	MW Höchstzugkraft- dehnung (%)	SA (N)	CV (%)	Veränderung der Höchstzugkraft- dehnung (%)
Schussgarn unbehandelt	24,61	0,50	1,92	-
Schussgarn begast a) ÖKOMIX	25,13	0,70	2,74	2,11
Schussgarn begast b)	25,51	0,60	2,18	3,66

Tabelle 5 Vergleich der Höchstzugkraftdehnungswerte

Quelle: (GROSS 2012)

Die im Anschluss durchgeführten Schnitttests an der Hochschule Rottenburg zeigten nachfolgende Ergebnisse:

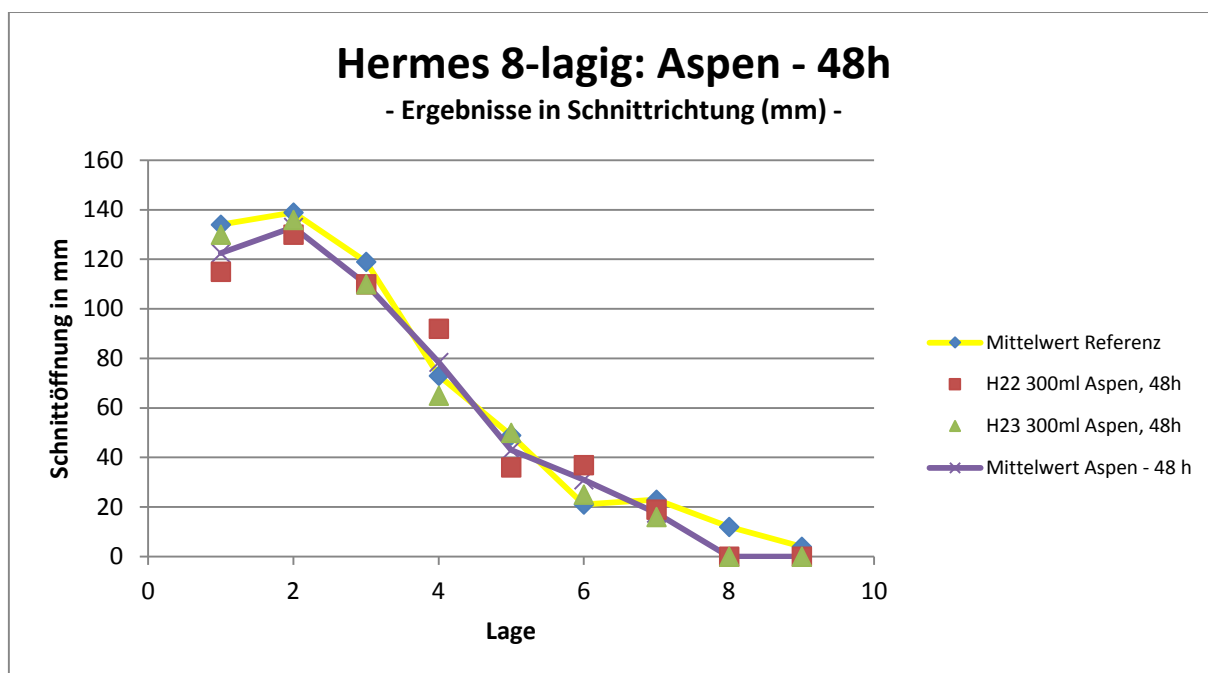
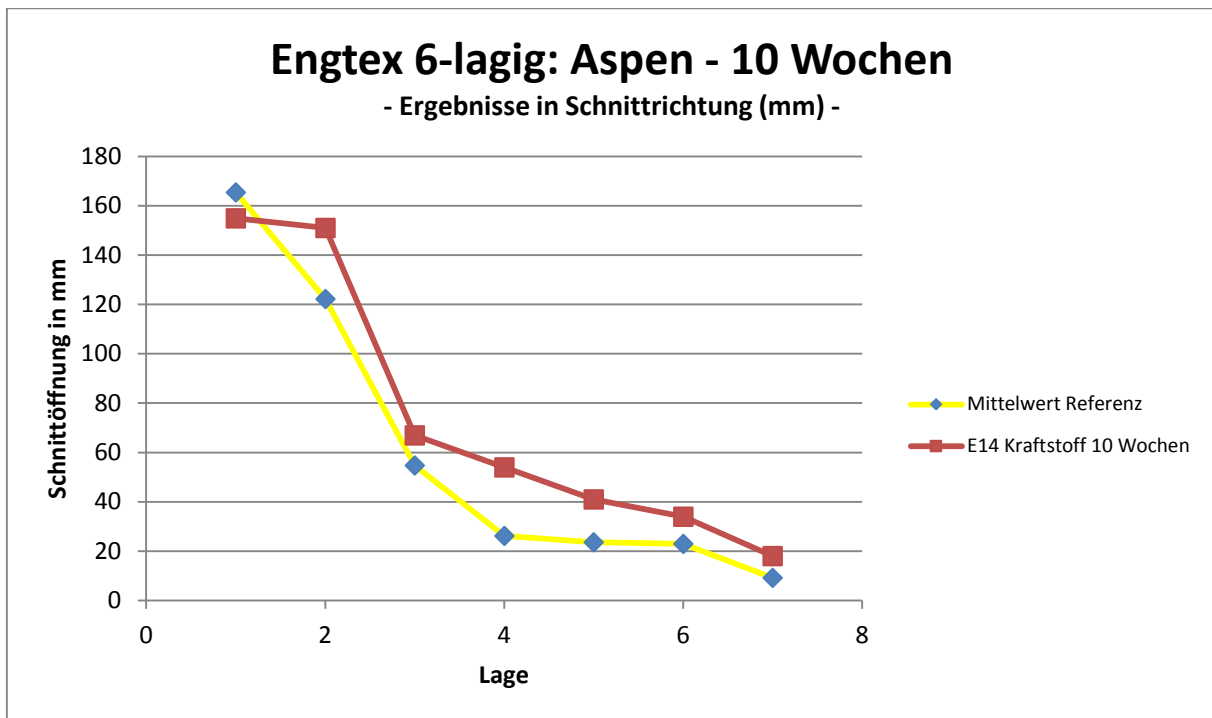


Abbildung 18: Wirkung von Kraftstoff auf die Schnittsicherheit von Hermes-Einlagen (48 h)

Die statistische Auswertung der Versuchsreihe zeigt, es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den unbehandelten und behandelten Pads. Die Tests ergaben, nach dem Einlegen in den Sonderkraftstoff „Aspen“, folgende Ergebnisse:

Lage 1: U- Test: ,19

Futterstoff: U- Test: ,571



**Abbildung 19: Wirkung von Kraftstoff auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (10 Wochen)**

Wie aus den Ergebnissen der Versuche mit 48 Stunden, bzw. 10 Wochen in Sonderkraftstoff „Aspen“ eingelegten Schnittschutzpads ersichtlich ist, ergeben sich lediglich geringfügige Abweichungen zwischen den Vergleichspads und den behandelten Pads. Nach den Ergebnissen der Schnittversuche am Schnittschutzprüfstand ergeben sich keine Erkenntnisse, dass Kraftstoff die Alterung von Schnittschutzeinlagen aus Polyestergeräten beschleunigt.

### *Kettenschmieröl*

Immer wieder kann es vorkommen, dass Kettenöl bei der Handhabung mit der Motorkettensäge auf die Schnittschutzhose trifft.

In Langzeitversuchen, die auf sechs Monate ausgelegt waren, sollte der Einfluss des Kettenöls auf das Schnittschutzmaterial getestet werden. Dazu wurden zum einen die Schussfäden mittels Garnprüfungen auf Alterungserscheinungen hin untersucht, zum anderen sollten Einlagenpads auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg einem Schnitttest unterzogen werden.

Um die Schussfäden zu testen, wurde das Schnittschutzmaterial in eine mit Bio-Kettenöl gefüllte Wanne gelegt. Wöchentlich wurden Garne entnommen und einer Zugprüfung unterzogen. So sollte die Alterung über einen größeren Zeitablauf ermittelt werden. Erst, wenn eine signifikante Veränderung der Höchstzugkräfte ersichtlich wird, sollten die über den gleichen Zeitraum in Bio-Kettenöl eingelegten Pads aus dem Kettenschmieröl genommen und auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg geschnitten werden.

Wie die Werte in unten stehender Tabelle zeigen, dass über die ersten 5 Wochen der Versuchsreihe keine Abnahme der Höchstzugkraftwerte beim einfachen Zugversuch der Schussgarne stattfanden, eher im Gegenteil.

Schussfaden 041 Engtex	MW Höchstzugkraft [N]	SA [N]	CV [%]	Festigkeits- veränderung [%]
unbehandelt	74,96	1,10	1,52	-
Kettenöl 1. Wo- che	74,26	1,00	1,37	-
Kettenöl 2. Wo- che	75,13	1,10	1,44	-
Kettenöl 3. Wo- che	74,95	1,30	1,76	-
Kettenöl 4. Wo- che	74,61	1,30	1,72	-
Kettenöl 5. Wo- che	74,50	1,10	1,49	-

Tabelle 6: Kettenöl - Ergebnisse des einfachen Zugversuchs; Höchstzugkraft (Butterstein).

Auch Garne, die über ein Jahr im Öl lagen zeigten keinen signifikanten Festigkeitsverlust.

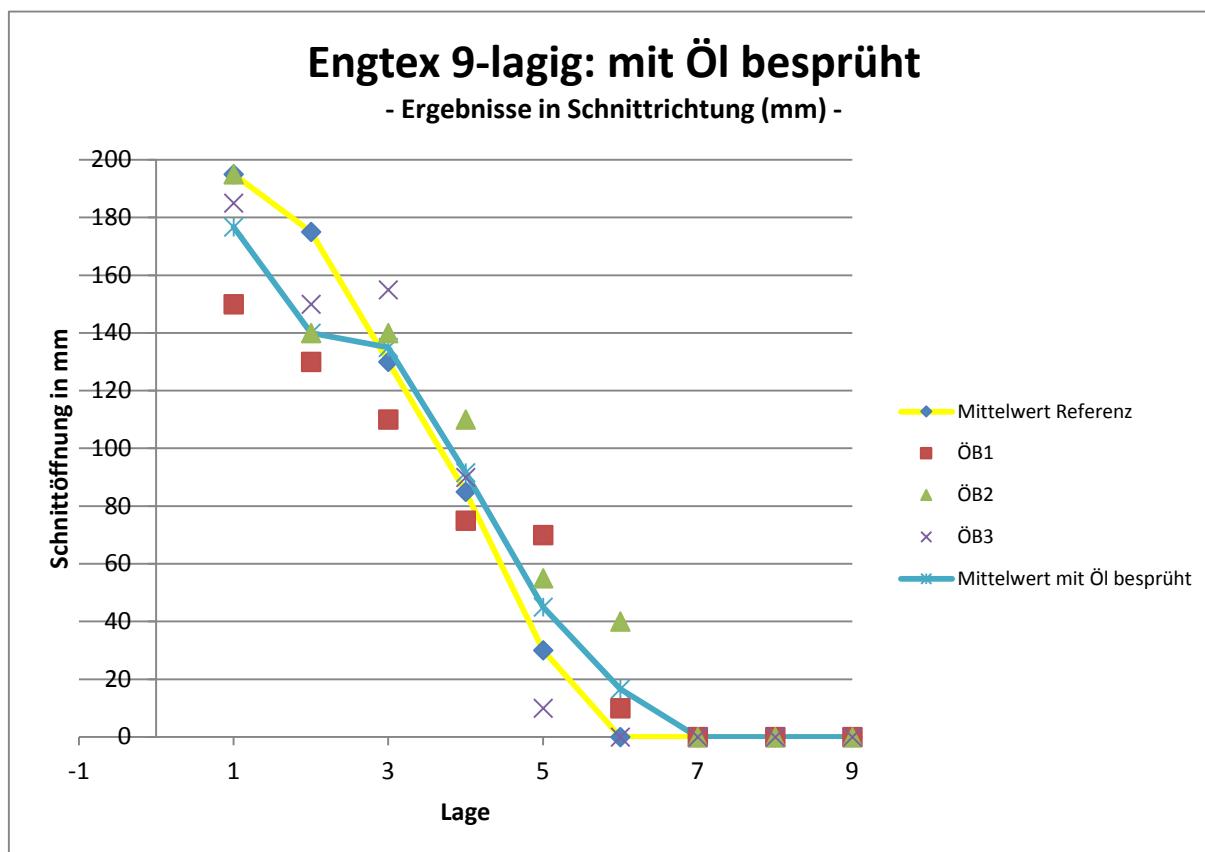
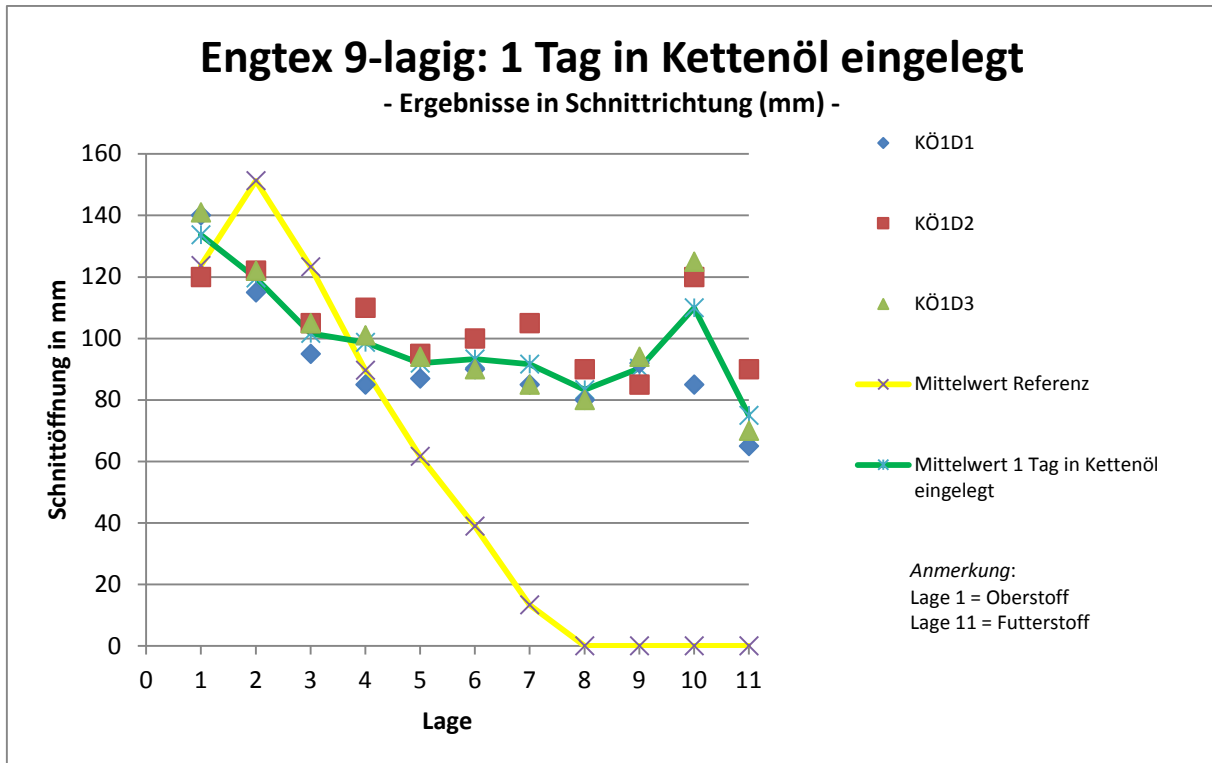


Abbildung 20: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (besprüht)



**Abbildung 21: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (1 Tag eingelegt)**

Die statistische Auswertung zu diesem Versuch ergab folgende Werte:

Kettenöl, einen Tag eingelegt:      Lage1: U- Test: ,4~ kein signifikanter Unterschied.  
Futterstoff: U- Test: ,1~ kein signifikanter Unterschied

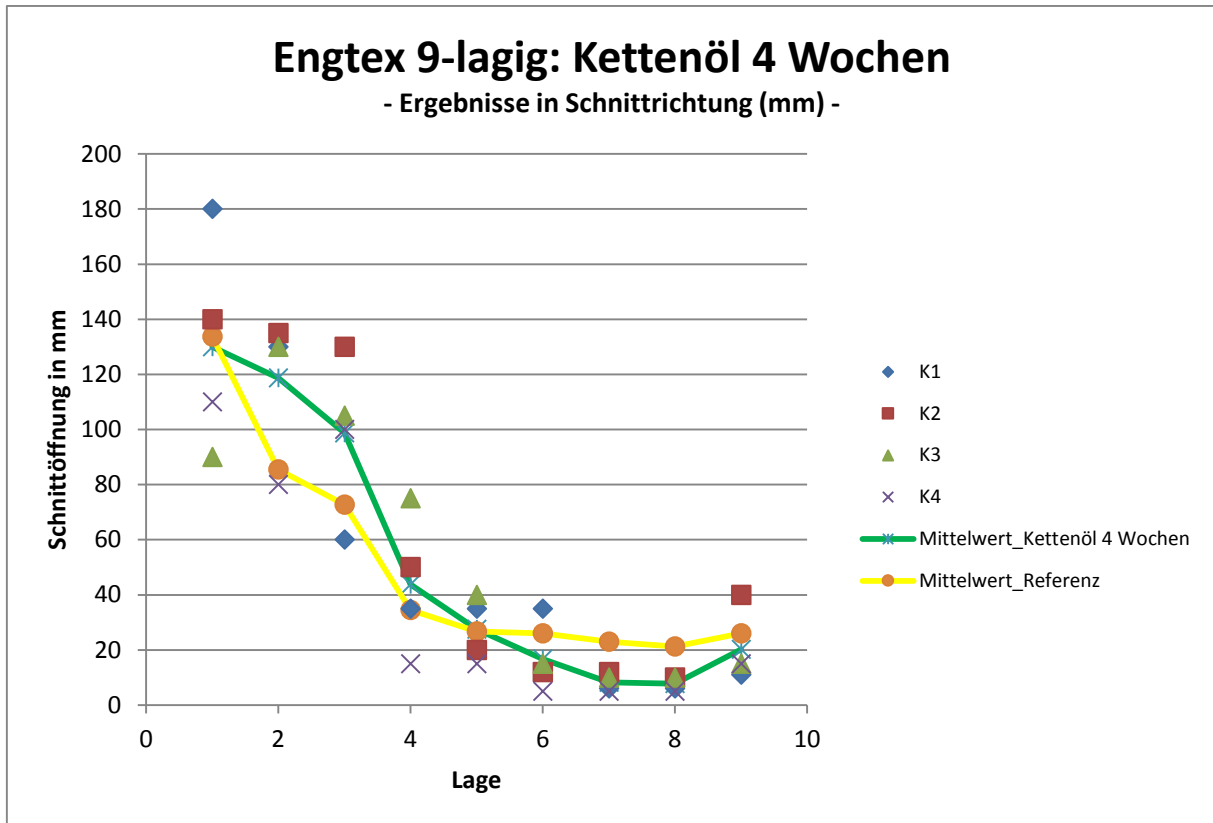
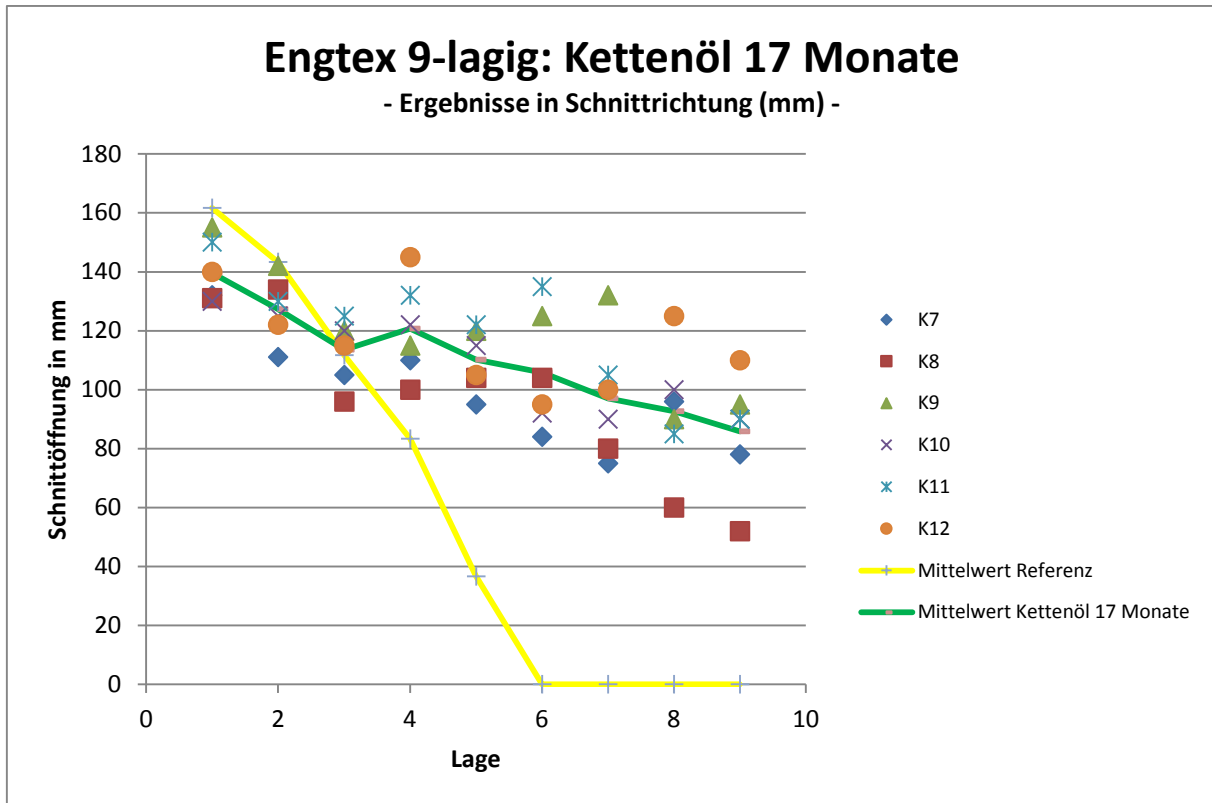


Abbildung 22: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (4 Wochen eingelegt)

Das Einlegen der Pads in Kettenöl über vier Wochen lieferte das gleiche Ergebnis:

Lage 1: U- Test: ,879~ kein signifikanter Unterschied.

Futterstoff: U- Test: ,2~ kein signifikanter Unterschied



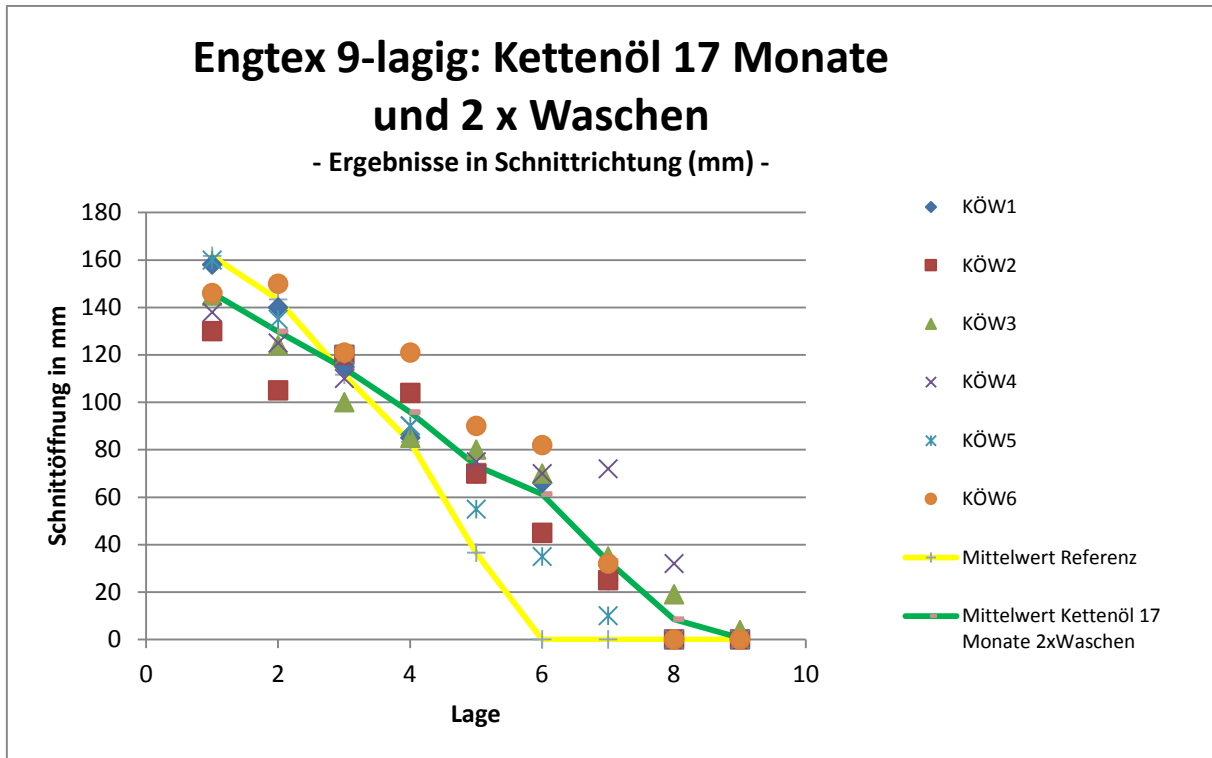
**Abbildung 23: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate eingelegt)**

Nach dem Einlegen der Pads in Kettenöl über 17 Monate zeigten sich allerdings signifikante Unterschiede dahingehend, dass sich die Schnittöffnung der behandelten Lagen weit über dem Mittelwert der Referenzlage befindet.

Lage 1: U- Test: ,024~ signifikanter Unterschied

Lage 9: U- Test: ,024~ signifikanter Unterschied





**Abbildung 24:** Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate eingelegt + 2x gewaschen)

Bei einem Grenzwert von ,048 im U- Test der Lage 1 weist dieses Ergebnis einen signifikanten Unterschied zwischen Referenzlage und behandeltem Pad auf.

Die Lage 9 hingegen zeigt keinen signifikanten Unterschied. U- Test: ,741

Die Ergebnisse der Ölbehandlung zeigen ein differenziertes Bild:

Während die Schnittschutzpads, die lediglich mit Öl besprüht wurden nahezu keine Abweichungen zwischen den Vergleichspads und den behandelten Pads aufweisen, zeigen die ein Tag in Kettenöl getränkten Pads erhebliche negative Auswirkungen auf die Schnittsicherheit der Pads. Auffallend ist, dass die vier Wochen in Öl getränkten Pads eher eine Verbesserung der Schnittsicherheit im Vergleich zu den Referenzpads zeigen. Dieses Ergebnis könnte sich durch eine Änderung des verwendeten Schaumstoffs am Prüfstand erklären: Während die vier Wochen in Öl eingelegten Pads auf einem älteren Schaumstoffmodell geschnitten wurden, als alle anderen Pads, kann davon ausgegangen werden, dass der verwendete Schaumstoff das Schnittergebnis beeinflusst hat. Nachdem dieses ältere Schaumstoffmodell von der liefernden Firma entgegen der Bestellung nicht entsprechend der Normanforderungen geliefert wurde, wurde an der Hochschule Rottenburg über mehrere Monate mit einem nicht-normkonformem Schaumstoff geprüft. Diese Zeit fiel in die ersten Projektmonate, in denen der Versuch mit den vier Wochen in Öl eingelegten Pads durchgeführt wurde.

Zuverlässig und nachvollziehbar zeigen sich dann wieder die Ergebnisse der 17 Wochen in Öl eingelegten Pads: Hier wird deutlich, dass die noch mit Öl getränkten ebenfalls, ähnlich wie die einen Tag in Öl getränkten Pads deutlich schlechter abschnitten als die Vergleichs-

pads. Interessant und für die Praxis von großer Bedeutung ist, dass sich nach dem Waschen der Pads die Schnittsicherheit wieder deutlich verbessern lässt.

Referenzpads, Schnittöffnung in mm:

	Lage1	Lage2	Lage3	Lage4	Lage5	Lage6	Futterstoff
R1	450	400	280	90	20	0	0
R2	480	180	130	80	40	10	0

behandelte Pads Schnittöffnung in mm

5 Waschzyklen	Lage1	Lage2	Lage3	Lage4	Lage5	Lage6	Futterstoff
IWV2	195	130	100	70	45	5	0
IWV5	150	145	110	75	70	0	0
IWV6	160	140	90	80	45	30	0

24h im Öl (300 ml)	Lage1	Lage2	Lage3	Lage4	Lage5	Lage6	Futterstoff
Ö2 gelb	145	140	135	135	135	135	140
Ö1 grau	145	145	130	120	110	140	120

**Tabelle 7: Öffnungsweiten der einzelnen Lagen nach Schnitttests an ölbehandelten Engtex-Einlagen**

Folgerungen für die Praxis:

An die Anwender von Motorsägen kann die Empfehlung gegeben werden, dass nach einem Ölunfall, wenn sich also z. B. der Verschlussdeckel des Öltanks während der Arbeit öffnet und sich das Öl über die Hose ergießt, diese unmittelbar im Anschluss an diesen Ölunfall gewaschen und keinesfalls weiter verwendet werden sollte.

#### *Schweiß (sauer und alkalisch)*

Wie mit dem Medium Kettenschmieröl wurde auch bei der Behandlung mit Schweiß verfahren. Die Schnittschutzeinlage sowie Schnittpads wurden in alkalischen und sauren Schweiß gelegt. Wöchentlich wurden Fäden entnommen und einer Zugprüfung unterzogen. Erst bei einer signifikanten Abnahme der Höchstzugkraftswerte sollten die Pads einem Schnitttest unterzogen werden.

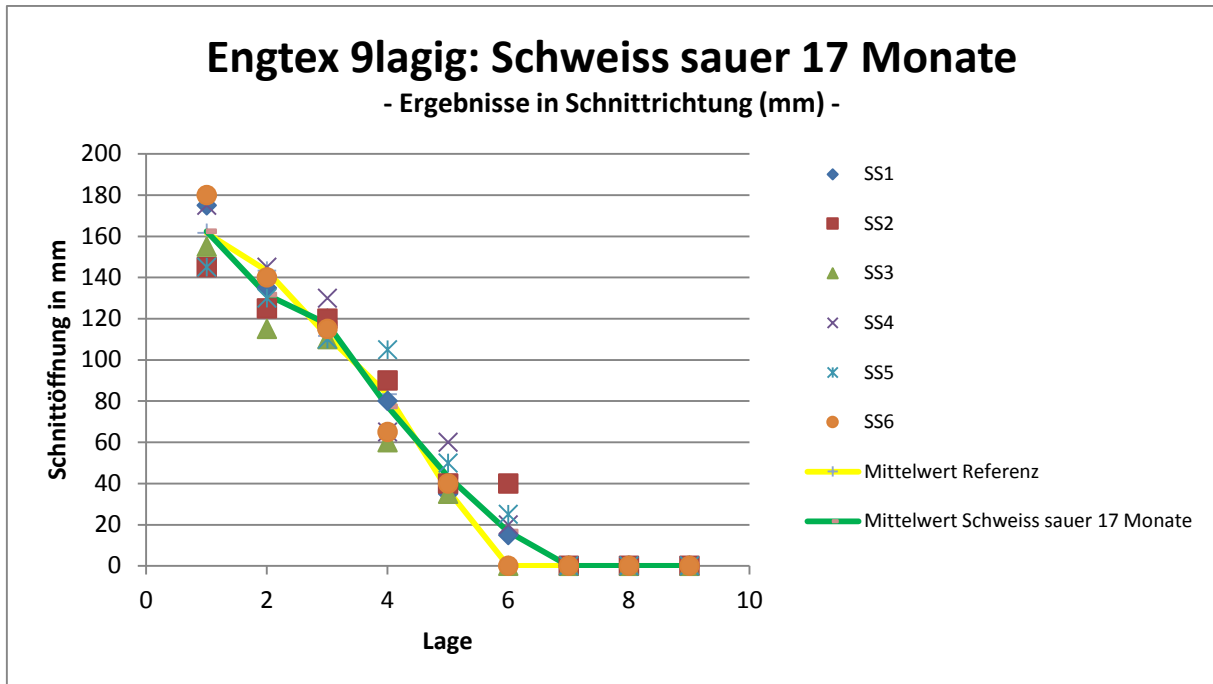
Tabelle 4 Daten der Mittelwerte des einfachen Zugversuchs Schweiß sauer und alkalisch Material

	Höchstzugkraft [N]	CV [%]	Höchstzugkraft-Dehnung [%]	CV [%]
<b>Engtex 041 unbehandelt</b>	<b>74,96</b>	<b>1,52</b>	<b>26,14</b>	<b>4,36</b>
Sauer 1	75,52	1,36	25,77	2,93
Sauer 2	74,97	1,58	26,01	2,09
Sauer 3	73,44	1,98	25,78	3,72
Sauer 4	72,85	2,48	25,78	4,01
Sauer 7	73,99	1,95	25,95	2,51
Sauer 8	72,56	1,86	25,25	3,83
Alkalisch 1	75,98	1,52	25,85	2,40
Alkalisch 2	73,90	1,74	26,36	2,82
Alkalisch 3	72,88	1,58	26,14	3,61
Alkalisch 4	73,81	1,52	26,15	3,01
Alkalisch 7	73,28	1,61	26,15	3,88
Alkalisch 8	71,22	1,82	24,10	1,90

**Tabelle 8: Höchstzugkraftswerte Schweiß sauer und alkalisch**

Die Mittelwerte zeigen keine großen Veränderungen weder bei der Höchstzugkraft noch bei der Höchstzugkraft-Dehnung. Die Streuung der Messergebnisse ist relativ gering.

Die Messwerte der letzten Woche (Woche 8) zeigt allerdings eine Tendenz, dass die Materialien geschädigt werden. Dies zeigt sich besonders darin, dass die Streuung zunahm und mehr Proben getestet werden mussten um eine bessere statistische Auswertung zu erhalten.



**Abbildung 25: Wirkung von saurem Schweiß auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate)**

Das statistische Ergebnis ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen unbehandelter und behandelter Lage 1: U- Test: 1,0.

Die Referenz-, als auch die behandelte Lage 9 haben den Wert 0 und weisen somit keinen signifikanten Unterschied auf.

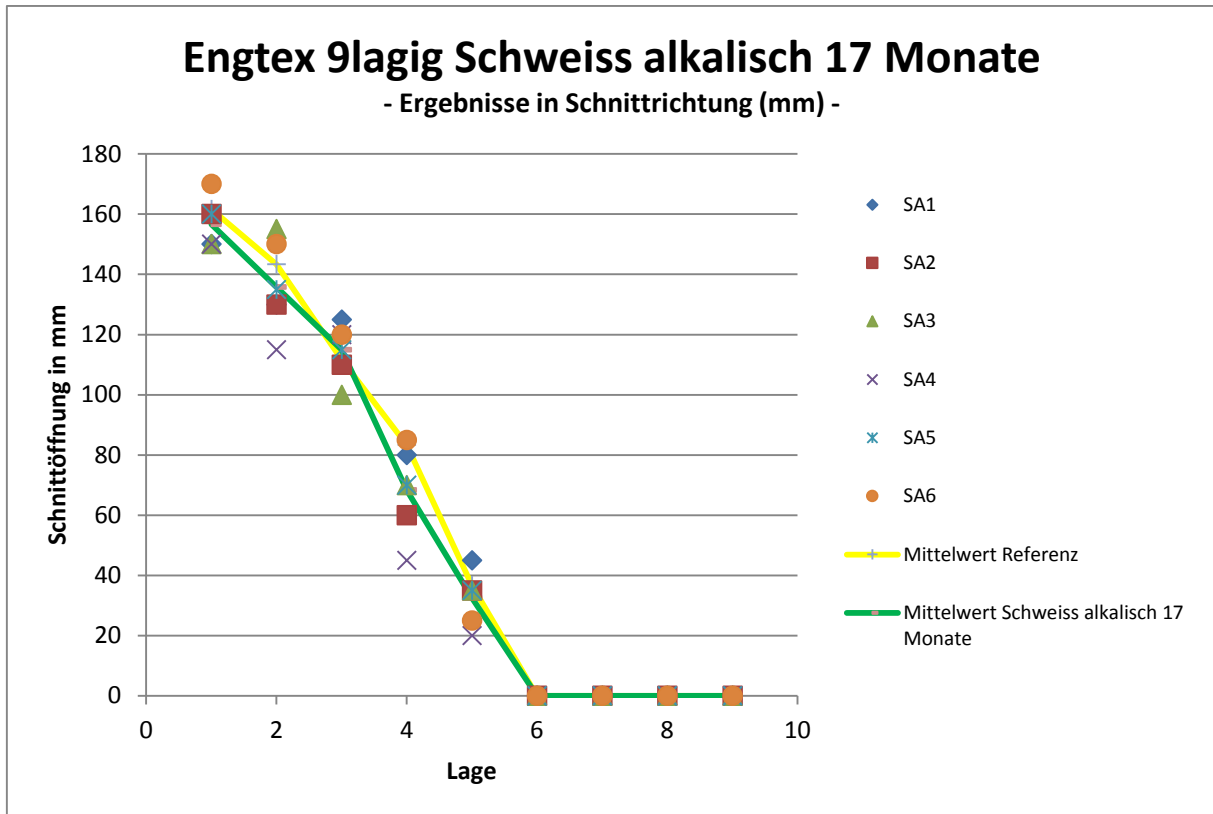


Abbildung 26: Wirkung von alkalischem Schweiß auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate)

Die Tests bei dem Versuch Schweiß alkalisch liefern nach 17 Monaten folgende statistische Ergebnisse:

Lage 1: U- Test: 0,381~ kein signifikanter Unterschied.

Auch hier hat die Referenz- sowie die behandelte Lage9 den Wert 0 und weisen somit keinen signifikanten Unterschied auf.

Die Ergebnisse der Versuchsreihen mit saurem und alkalischem Schweiß zeigen deutlich, dass es keine Abweichungen zwischen den behandelten Pads und den nicht-behandelten Vergleichspads gibt. Es kann nach den Ergebnissen davon ausgegangen werden, dass Schweiß die Schnittschutzeinlagen nicht schädigt.

### Zusammenfassung der Langzeittests

Die beiden nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Höchstzugkraftswerte des einfachen Zugversuches und des Schlingenzugversuchs für die Medien Kettenöl, Schweiß sauer und alkalisch und Weichspüler. Auch über den langen Zeitraum haben sich diese Werte nicht verändert, so dass keine Schädigung erkennbar wurde.

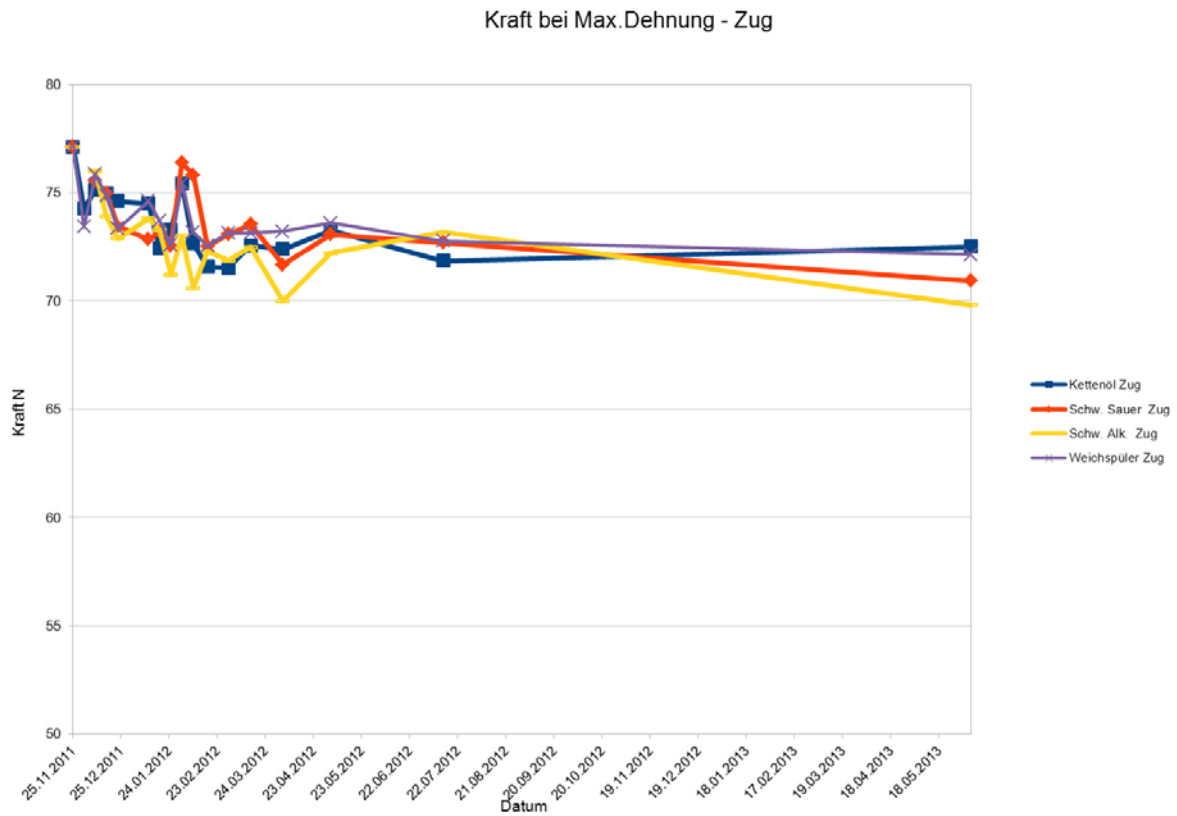


Abbildung 27: Höchstzugkraftwerte verschiedener Medien über einen Zeitraum von 17 Monaten

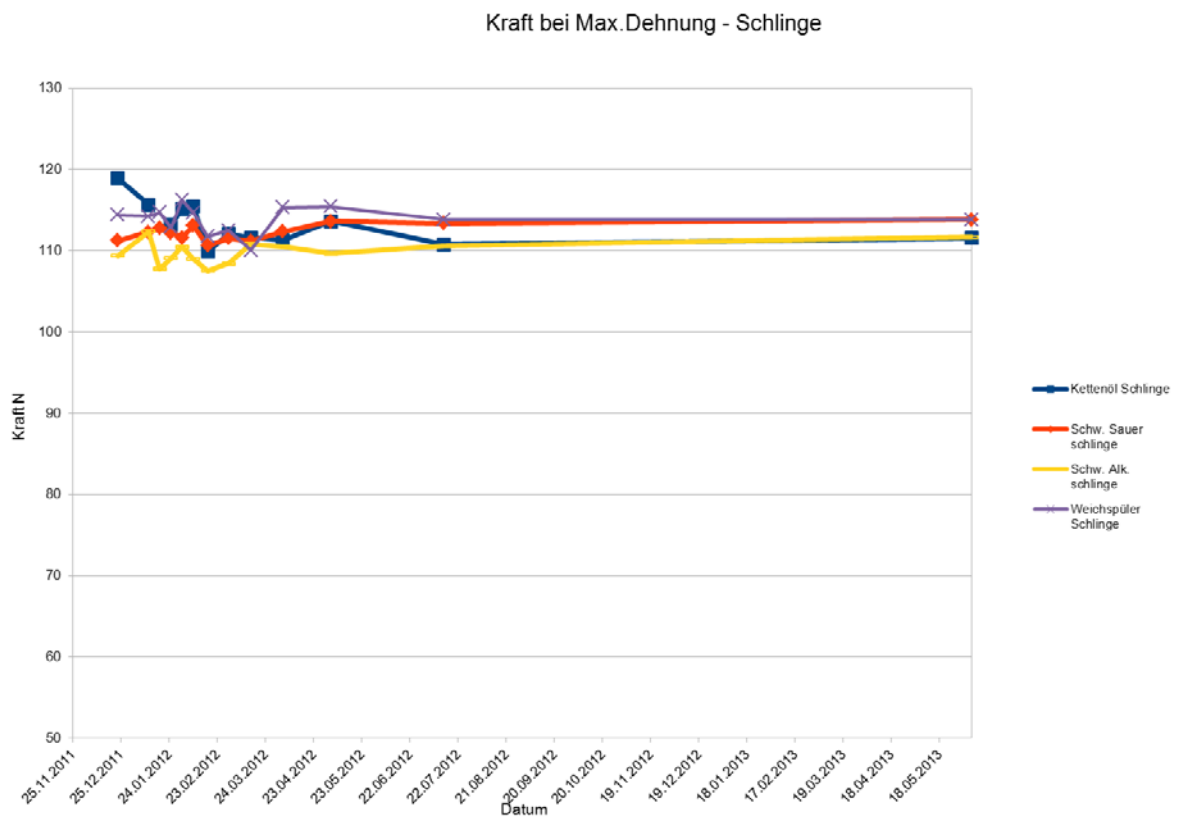


Abbildung 28: Höchstzugkraftwerte verschiedener Medien über einen Zeitraum von 17 Monaten

### Temperatur

Berechnet werden die Mittelwerte der Höchstzugkraft  $F_H$ , der Höchstzugkraftdehnung  $\varepsilon_H$  sowie die Standardabweichung und der Variationskoeffizient dieser Größen.

Es gibt zwei verschiedene Referenzwerte der unbehandelten Proben, da die nassen Prüflinge nach dem Tauchen mit Hilfe eines Foulards abgequetscht wurden. Um gleiche Verhältnisse für den Vergleichswert zu schaffen, wird zusätzlich ein unbehandeltes Referenzprüflos getestet, dessen Fäden ebenfalls - aber in trockenem Zustand – die Walzen des Foulards passierten. Die angegebenen Werte der Festigkeits- und Dehnungsveränderung beziehen sich folglich bei „Hitze trocken“ auf „unbehandelt“ und bei „Hitze nass“ auf „unbehandelt (Foulard)“.

Schussfaden 041 Engtex	MW Höchstzugkraft [N]	SA [N]	CV [%]	Festigkeits- veränderung [%]
unbehandelt	77,12	1,30	1,64	-
Hitze trocken 4 Zyklen	75,35	0,60	0,86	-2,30
Hitze trocken 8 Zyklen	75,86	1,00	1,35	-1,63
Hitze trocken 16 Zyk- len	74,56	1,20	1,63	-3,32
unbehandelt (Foulard)	74,96	1,10	1,52	-
Hitze nass 4 Zyklen	73,71	1,20	1,62	-1,67
Hitze nass 8 Zyklen	74,29	1,70	2,24	-0,89
Hitze nass 16 Zyklen	70,52	1,90	2,76	-5,92

**Tabelle 9: Ergebnisse des einfachen Zugversuchs; Höchstzugkraft**

Tabelle 9 zeigt, dass die Mittelwerte der Höchstzugkraft nach acht Zyklen sowohl bei den trockenen, als auch bei den in Wasser getauchten Proben jeweils besser ist als nach vier Zyklen, und nach 16 Zyklen die größte negative Veränderung aufzeigt. Der Verlust der Höchstzugkraft nach 16 Zyklen im Vergleich zur jeweiligen Referenz beträgt bei „Hitze trocken“ 3,32 % und bei „Hitze nass“ sogar 5,92 %.

Die CV-Werte bleiben dabei relativ konstant, außer bei „Hitze nass“. Dies geht konform mit dem höheren Festigkeitsverlust, da höhere Streuungen Anzeichen für auftretende Schädigungen sind, da diese nicht überall gleich verlaufen. Außerdem lässt sich in den Kraft-Dehnungsdiagrammen der „Hitze nass“ Proben nach Überwinden der Höchstzugkraft kein gerader Kraftabfall, wie bei den unbehandelten Proben mit Foulard, erkennen.

Schussfaden 041 Engtex	MW Höchstzugkraftdehnung [%]	SA [%]	CV [%]	Dehnungsveränderung [%]
unbehandelt	26,18	0,90	3,55	-
Hitze trocken 4 Zyklen	26,74	0,80	2,96	+2,13
Hitze trocken 8 Zyklen	26,03	1,30	4,85	-0,57
Hitze trocken 16 Zyklen	26,89	0,60	2,34	+2,71
unbehandelt (Foulard)	26,14	1,10	4,36	-
Hitze nass 4 Zyklen	25,37	0,60	2,24	-2,95
Hitze nass 8 Zyklen	24,58	1,10	4,29	-5,97
Hitze nass 16 Zyklen	25,34	0,70	2,67	-3,06

Tabelle 10: Ergebnisse des einfachen Zugversuchs; Höchstzugkraftdehnung

In Tabelle 10 sehen wir, dass die Höchstzugkraftdehnung bei „Hitze trocken“ ähnlich wie die Höchstzugkraft schwankt. Sie nimmt insgesamt aber etwas zu. Die Dehnung bei „Hitze nass“ hingegen nimmt ab. Allerdings weisen die CV-Werte ein sehr inkonstantes Bild auf, sodass vernünftige Aussagen bezüglich der Dehnung schwierig sind.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass die Schädigung im zeitlichen Verlauf zunimmt und bei Anwesenheit von Wasser größer ausfällt.

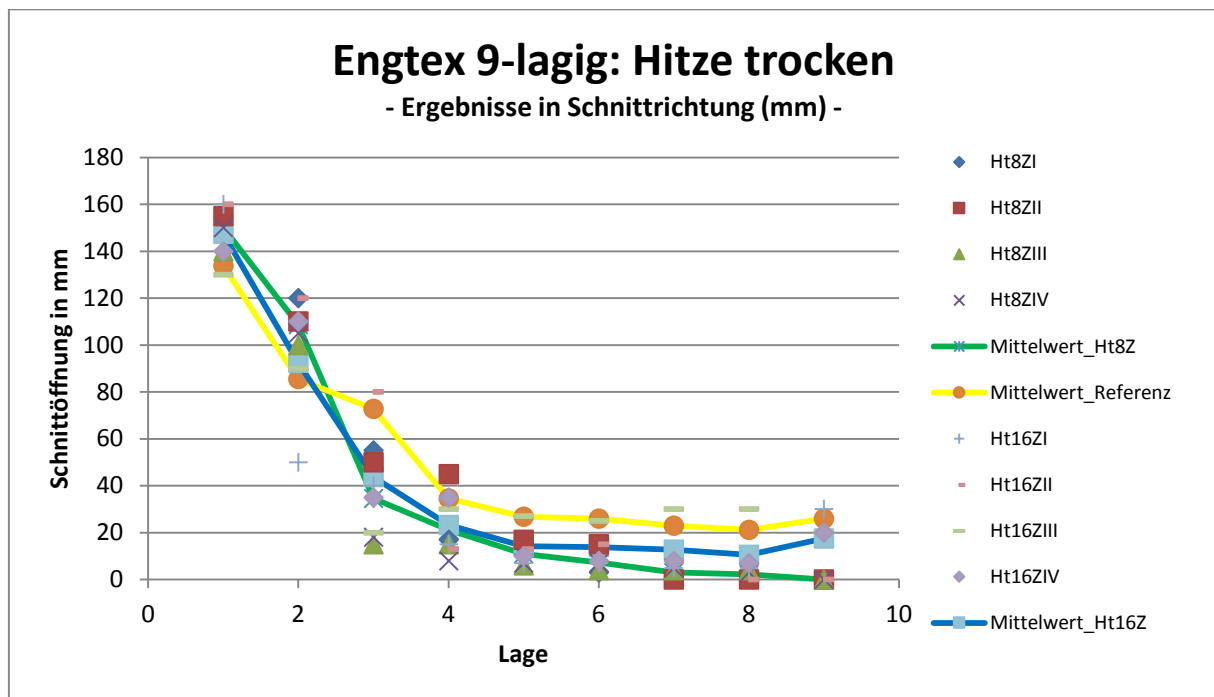


Abbildung 29: Wirkung von trockener Hitze auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen



Die Statistik ergab bei den Temperaturversuchen (trocken und nass) teilweise einen signifikanten Unterschied zwischen unbehandelten und behandelten Pad bei der Lage 9. Dieser Unterschied ist als positiv zu bewerten, da sich die Schnittöffnung insgesamt verringert.

Hitze trocken 8x                      Lage 1: t-Test: ,277~ kein signifikanter Unterschied

Lage 9: U- Test: ,029~ signifikanter Unterschied

Hitze trocken 16x                    Lage 1: t- Test: ,398~ kein signifikanter Unterschied

Lage 9: U- Test: ,486~ kein signifikanter Unterschied

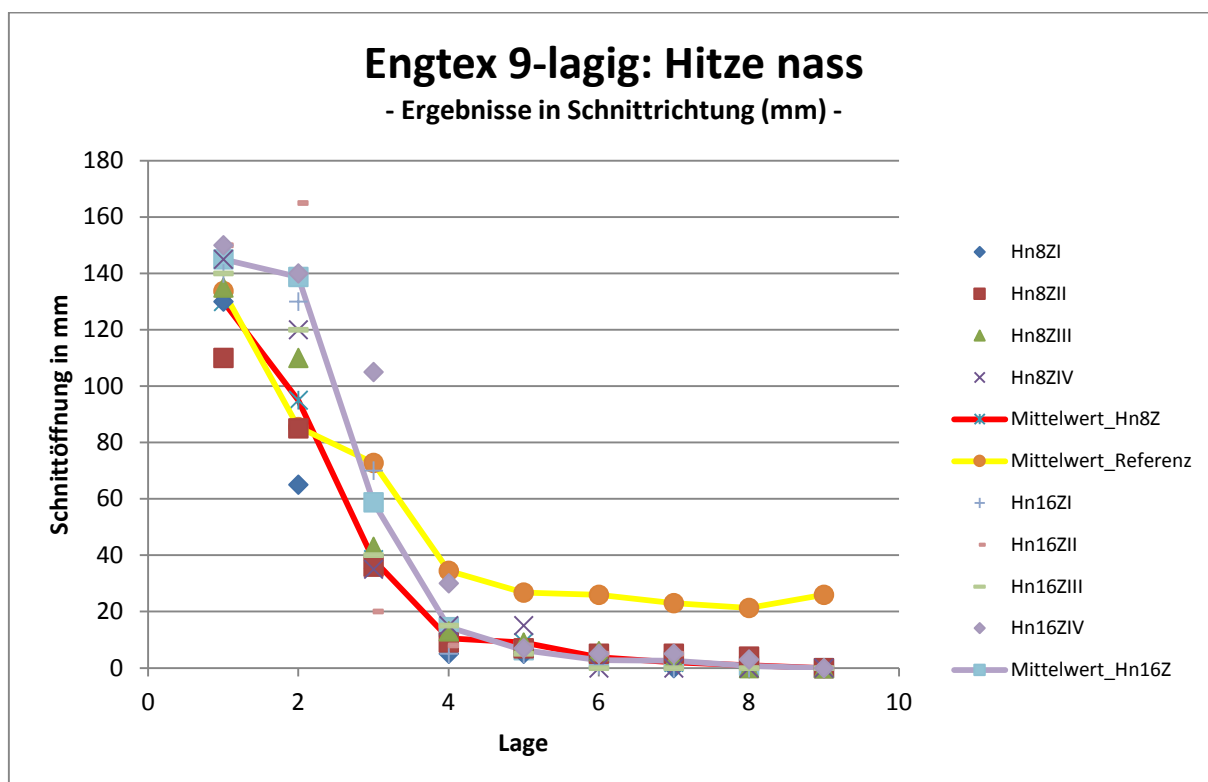


Abbildung 30: Wirkung von nasser Hitze auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen

Hitze nass 8x:                      Lage 1: t- Test: ,812~ kein signifikanter Unterschied.

Lage 9: U- Test: ,029~ signifikanter Unterschied.

Hitze nass16x:                    Lage 1: U- Test: ,343~ kein signifikanter Unterschied.

Lage 9: U- Test: ,029~ signifikanter Unterschied.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die trockene Hitze, wie auch die Hitzebehandlung mit zwischenzeitlicher Befeuchtung zu einer Verbesserung der Schnittsicherheit führen. Hier ergibt sich, ähnlich wie bei den Waschversuchen, die Vermutung, dass das Schrumpfen des Schnittschutzmaterials eine Verbesserung der Schnittsicherheit bewirkt. Es kann damit gesagt werden, dass eine Hitzeeinwirkung nicht zu einer vorzeitigen Alterung des Schnitt-

schutzmaterials führt. Es sollte allerdings bedacht werden, dass bei den hier durchgeführten Versuchsreihen lediglich Polyestergerne getestet wurden. Derzeit werden neben Polyesterhäufig auch Polyethylengerne (z. B. Dyneema) verwendet. Deren Hitzebeständigkeit wird in der Literatur deutlich schlechter angegeben.

#### Autoklav

Als Ergänzung zu den Tests im Wärmeofen wurde Schnittschutzmaterial im Autoklav getestet. Autoklav ist ein gasdicht verschließbarer Druckbehälter, der für thermische Behandlung von Stoffen im Überdruckbereich eingesetzt wird.

Die Materialien wurden im Autoklav bei 120<sup>0</sup> C bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit über 20 Stunden belassen. Im Anschluss wurden sie über 24h bei 20<sup>0</sup> C und 60% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert.

Vergleich der Höchstzugkraftswerte und der Höchstzugkraftsdehnungswerte Engtex 041				
	MW Höchstzugkraft (%)	SA (N)	CV (5)	Veränderung (%)
Schussgarn unbehandelt	70,56	1,96	2,78	
Schussgarn Autoklav	68,18	1,8	2,62	-3,37
	MW Höchstzugkraft dehnung (%)	SA (N)	CV (5)	Veränderung (%)
Schussgarn unbehandelt	24,61	0,5	1,92	
Schussgarn Autoklav	26,46	0,8	3,17	7,52

**Tabelle 11: Höchstzugkraftswerte nach Autoklavbehandlung**

Die Auswertung zeigt, dass der Höchstzugkraftswert sich lediglich um 3,4 % verschlechtert, die Dehnung um 7,5 % erhöht. Somit sind auch aus diesen Werten keine signifikante Schwächung des Materials ersichtlich. Dieses Ergebnis bestätigt, dass Hitze einwirkung, wie sie unter normalem Gebrauch von Schnittschutzhosen vorkommt, keine Alterung des Materials und somit keine Verschlechterung der Schutzwirkung bewirkt.

#### UV-Strahlung

Zunächst wurde eine Bachelor-Arbeit abgeschlossen, die das Ziel hatte den Einfluss von UV Strahlung und Bewitterung auf die Schnittschutzeinlage zu untersuchen (Butterstein[1]). Hierbei wurden Materialproben UV-Einstrahlung und UV-Einstrahlung mit Bewitterung (Einfluss von Wasser) unterzogen.

Hierzu wurden jeweils mehrere Proben präpariert und in zwei Prüfdurchgängen im Xenontest 150 S der Hochschule der Xenonstrahlung ausgesetzt. Beim zweiten Prüfdurchgang wurden die Proben zusätzlich berechnet. Für die Prüfung wurde die DIN EN ISO 105-B10 verwendet. Neben der Bestimmung der Farbechtheit kann diese auch für das Alterungsverhalten von Textilien verwendet werden.

Der Xenontester erlaubt Gleichlauf und Wendelauf. Bei Gleichlauf rotiert der Probenkorb um den Xenonstrahler, es ist immer die gleiche Seite der Probe zum Strahler gerichtet. Zusätzlich ist Wendelauf möglich. Hierbei rotiert die Probe zusätzlich um die eigene Achse.

Für die Bewitterung muss aus technischen Gründen Wendelauf gewählt werden. Es ist evident, dass sich für die Bestrahlungsstärke der Probe unterschiedliche Werte bei Gleich- und Wendelauf ergeben. Allerdings ist es nicht so, dass sich die Werte genau um den Faktor 2 unterscheiden, es ergeben sich geringfügige Unterschiede.

Für die Tests mit Beregnung muss der Wendelauf gewählt werden, da die Besprühung allein aus einem Sprühkopf kommt, welcher dezentral in einer Ecke des Probenraums angebracht ist. Durch das Drehen um die eigene Achse, drehen sich die Proben allerdings immer wieder von dem Xenonstrahler weg, was eine geringere Bestrahlungsstärke, als bei der Gleichlauf-Einstellung zur Folge hat.

Als Ziel wurde festgelegt, 5 Monate Freibewitterung in Mitteleuropa zu simulieren. Aufgrund der Bestrahlungsstärke, die der Xenontester liefert errechnet sich für eine mittlere Bestrahlung von 215 MJ/m<sup>2</sup>, was Mitteleuropa entspricht, eine Testdauer von 277,73 Stunden bei Gleichlauf sowie von 535,15 Stunden bei Wendelauf.

Die Proben wurden zusammen mit einem Referenzmaterial in das Xenontest-Prüfgerät eingesetzt. Als Referenzmaterial wird der ISO Blue Wool bzw. Blaumaßstab verwendet. Hierbei handelt es sich um blaue Lichtechtheitstypen aus Wollgewebe von 1 (sehr geringe Farbechtheit) bis 8 (sehr hohe Farbechtheit). Normalerweise dient der Blaumaßstab dazu Lichtecheitseigenschaften eines textilen Materials zu bestimmen. Man kann ihn aber ebenso als Maß für die Bestrahlungsdosis verwenden, indem man ganz einfach visuell die Farbveränderungen der einzelnen blaugefärbten Streifen betrachtet. Dies ist wichtig, da der Xenonstrahler ebenfalls einer gewissen Alterung unterliegt und die Bestrahlungsstärke nach einer bestimmten Anzahl geleisteter Stunden abnehmen kann. Führt man mehrere Bewitterungstests durch und möchte man die Ergebnisse hintereinander vergleichen, muss man die Gewissheit haben, dass die Proben derselben Bestrahlungsdosis ausgesetzt wurden. Somit könnten z.B. weitere Tests mit dem Einlagenmaterial folgen.

Nach Abschluss der Bestrahlung wurden die Proben u.a. im Streifenzugversuch und mit dem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Hierdurch konnte eindeutig eine Schädigung der Proben festgestellt werden. Die UV-Strahlung bedingt somit eine Alterung des Materials

Die beiden nachfolgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Streifenzugprüfung:

<b>Material 041 Engtex</b>	<b>MW Höchstzugkraft [N]</b>	<b>SA [N]</b>	<b>CV [%]</b>	<b>Festigkeits-Veränderung [%]</b>
<b>unbehandelt</b>	1818,7	9,1	0,50	-
<b>Bewitterung ohne Beregnung</b>	1044,9	11,2	1,07	-42,58

<b>Bewitterung mit Beregnung</b>	1322,5	13,0	0,98	-27,32
<b>Material 041 Engtex</b>	<b>MW Höchstzugkraftdehnung [%]</b>	<b>SA [%]</b>	<b>CV [%]</b>	<b>Dehnungsveränderung [%]</b>
<b>unbehandelt</b>	32,7	0,4	1,08	-
<b>Bewitterung ohne Beregnung</b>	19,3	0,2	0,99	-40,98
<b>Bewitterung mit Beregnung</b>	22,5	0,3	1,47	-31,19

Tabelle 12: Streifenzugversuch (BUTTERSTEIN, 2012)

In einer Projektarbeit „Prüfung im Xenontest-Gerät ohne Beregnung im Wendelauf“ (Julia Schmick) wurden weitere Messungen gemacht, um die bisherigen Ergebnisse zu vervollständigen.

Versuchsreihe Nr. 1

Die vorliegende Versuchsreihe umfasst insgesamt 16 Proben. Vier davon wurden ohne die über den Einlagen liegenden Oberstoffen und vier Proben mit Oberstoffen belichtet. Zwei Oberstoffe davon haben die Farbe grün und die anderen zwei leuchtorange. Bei den Proben mit Oberstoffen ist besonderes interessant zu sehen, wie sich die unterschiedlichen Farben der Oberstoffe auf das Kraft-Dehnungs-Verhalten der Schnitzzutzeinlagen auswirken.

Bevor die Ergebnisse interpretiert werden, wird hier wie bereits oben erwähnt auf die Probevorbereitung eingegangen, da sie die Ergebnisse stark beeinflusst hat.



Abbildung 31: Streifenende Versuchsreihe Nr. 1

Für die Versuchsreihe Nr. 1 wurden die Streifenenden (Abbildung 31) versäubert und es wurde eine Stoffunterlage auf die belichtete rechte Seite der Streifen so genäht, dass beim Einspannen in die Zugprüfmaschine die Unterlagen genau zwischen den Klemmbacken lagen. Diese Unterlagen sollten die Proben vor Beschädigung durch die Klemmbacken beim Einspannen schützen.

Lfd. Nr.	Versuchsreihe	Proben (25 Schussfäden, Engtex)	max. Kraft [N]	SA [A]	CV %	Dehnung bei max. Kraft [%]	SA [A]	CV %
1	Nr. 1	unbelichtet	1125	65,87	5,85	41	17,10	41,98
2		belichtet ohne Oberstoff	1046	25,37	2,43	24	0,54	2,28
3		belichtet mit Oberstoff Grün	1141	5,23	0,46	32	5,09	15,80
4		belichtet mit Oberstoff Orange	1213	72,41	5,97	33	3,54	10,90

**Tabelle 13: Ergebnisse des Streifenzugversuchs, Versuchsreihe Nr. 1**

Der Mittelwert der maximalen Zugkraft für die unbelichteten Proben (Lfd. Nr. 1) liegt weit unter dem Wert (1818,7 N), der in der Arbeit von Sina Butterstein ermittelt wurde. Wenn man aber die Werte für die Dehnung betrachtet, fällt auf, dass die Streuung der einzelnen Messwerte mit einem Variationskoeffizient von rund 42 % sehr groß ist (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Vergleichbar große Abweichungen konnten für die Versuche Lfd. Nr. 3 und Nr. 4 festgestellt werden. Lediglich bei dem Zugversuch der belichteten Proben ohne Oberstoff (Lfd. Nr. 2) befinden sich die Variationskoeffizienten im akzeptablen Bereich. Außerdem ist auch die Höchstzugkraft von 1044,9 N von Butterstein mit der von Lfd. Nr. 2 (1046 N) vergleichbar.

Nach der Durchführung der Tests aus der ersten Versuchsreihe konnten auf Grund der nicht nachvollziehbaren Ergebnisse keine aussagekräftigen Schlussfolgerungen gezogen werden.

Um die Ursache solch einer großen Ungenauigkeit der Messergebnisse beim Zugversuch zu finden, waren weitere Versuche erforderlich. Als Ansatz für die Ursachenfindung wurden unterschiedliche Vorbereitungen der Streifenenden festgelegt. Außerdem bestand die Vermutung, dass die Eigenschaften des Einlagentextils, das inzwischen über ein Jahr im Büro (mit Fenstern) des Labors gelagert war, sich verändert haben könnten.

#### 2.1.1.1.1 Versuchsreihe Nr. 2

Für die Versuchsreihe Nr. 2 wurden insgesamt 50 Streifenproben vorbereitet. Alle Proben waren unbelichtet. Folgende Vorbereitungen der Probenenden wurden getätigt:

- Lfd.Nr.5: Das Einlagentextil war über ca. 1 Jahr im Büro des Labors gelagert. Die Streifenenden wurden nach der Art von Butterstein genäht und versäubert (Abbildung

32). Eingeklemmt wurden die Proben ohne schonende Stoffunterlage zwischen den Klemmböcken des Zugprüfgerätes.

- Lfd.Nr.6: Das Einlagentextil war über ca. 1 Jahr im Keller (ohne Fenster) des Labors gelagert. Die Streifenenden wurden nach der Art von Butterstein genäht und versäubert (Abbildung 32). Eingeklemmt wurden die Proben ohne schonende Stoffunterlage zwischen den Klemmböcken des Zugprüfgerätes.
- Lfd.Nr.7: Das Einlagentextil war zum Zeitpunkt der Versuche neu. Die Streifenenden wurden auf keine Art vorbereitet. Eingeklemmt wurden die Proben ohne schonende Stoffunterlage zwischen den Klemmböcken des Zugprüfgerätes.
- Lfd.Nr.8: Das Einlagentextil war zum Zeitpunkt der Versuche neu. Die Streifenenden wurden nach der Art von Butterstein genäht und versäubert (Abbildung 32). Eingeklemmt wurden die Proben ohne schonende Stoffunterlage zwischen den Klemmböcken des Zugprüfgerätes.
- Lfd. Nr.9: Das Einlagentextil war zum Zeitpunkt der Versuche neu. Die Streifenenden wurden wie für die Versuchsreihe Nr. 1 vorbereitet (Abbildung 31).



**Abbildung 32: Streifenende Versuchsreihe Nr. 2, Lfd. Nr. 5, 6 und 8**

Die Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe (Tabelle 14) waren ebenfalls wegen der großen Abweichungen der einzelnen Messwerte unakzeptabel. Auch hier konnten keine Aussagen über „natürliche“ Alterung des Einlagentextils infolge der langfristigen Lagerung unter unterschiedlichen Bedingungen getroffen werden. Man konnte aber feststellen, dass die Werte für die Höchstzugkraft bei den Proben der Lfd. Nr. 5 bis 8, die ohne schonende Stoffunterlagen in die Klemmböcken eingespannt wurden, ca. zwischen 1000 und 1100 N liegen. Lediglich die Höchstzugkraft für die Proben mit Stoffunterlage zwischen den Klemmen beträgt 731 N. Bei einer ausführlichen Betrachtung der zerrissenen Proben hat sich herausgestellt, dass die Schussfäden der Proben nicht nur gerissen sind, sondern auch teilweise aus den Klemmböcken herausgerutscht sind. Die Proben werden in den Klemmböcken über Reibschluss gehalten. Die Reibungskraft (1000-1100 N, siehe oben), die proportional zu der Klemmkraft ist, war in beiden Versuchsreihen kleiner als die für das Zerreißen der Proben notwendige

Höchstzugkraft. Das problematische beim Einklemmen der Proben ist diese notwendige Kraft zu finden. Werden die Proben zu stark eingeklemmt, könnten die Schussfäden beschädigt werden. Somit würden sich die Versuchsergebnisse verfälschen.

Lfd. Nr.	Versuchsreihe	Proben (25 Schussfäden, Engtex)	max. Kraft [N]	SA [A]	CV %	Dehnung bei max. Kraft [%]	SA [A]	CV %
5	Nr. 2	unbelichtet, Büro, Nähart Butterstein, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1081	25,89	2,40	29	4,67	16,16
6		unbelichtet, Keller, Nähart Butterstein, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1054	41,68	3,95	30	7,42	24,66
7		unbelichtet, neues Engtex, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1008	29,60	2,94	21	1,57	7,30
8		unbelichtet, neues Engtex, Nähart Butterstein, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1071	112,17	10,47	28	7,23	25,90
9		unbelichtet, neues Engtex, Nähart Schmick, mit schonende Unterlage für Klemmen	731	18,63	2,55	25	10,06	40,38

**Tabelle 14: Ergebnisse des Streifenzugversuchs, Versuchsreihe Nr. 2**

### 2.1.1.1.2 Versuchsreihe Nr. 3

Beim dritten Anlauf ging es mehr darum, die Vermutung einer zu geringen Klemmkraft nachzuweisen. Dazu wurde die Klemmkraft zwischen den Backen der Zugprüfmaschine erhöht. Für die Tests wurden 30 Streifen vorbereitet. Zehn davon (Lfd. Nr. 10) wurden aus dem im Büro gelagerten Einlagentextil, zehn (Lfd. Nr. 11) aus dem im Keller gelagerten Einlagentextil und zehn aus neuem Einlagentextil ausgeschnitten und auf 25 Schussfäden ausgeriffelt. Die Streifenenden wurden bei dieser Versuchsreihe unbehandelt gelassen. Es wurden auch keine schonenden Stoffunterlagen zwischen den Streifen und Klemmbacken eingebracht.

Die bei dieser Versuchsreihe gemessenen Höchstzugkräfte lagen mit über 1800 N deutlich über den Höchstzugkräften, die bei beiden vorhergehenden Versuchsreihen ermittelt wurden. Der CV-Wert liegt nun für die Höchstzugkraft sowie für die Dehnung im annehmbaren Bereich.

Lfd. Nr.	Versuchsreihe	Proben (25 Schussfäden, Engtex)	max. Kraft [N]	SA [A]	CV %	Dehnung bei max. Kraft [%]	SA [A]	CV %
10	Nr. 3	unbelichtet, Büro, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1812	26,55	1,47	34	0,91	2,70
11		unbelichtet, Keller, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1803	20,10	1,11	34	1,11	3,27
12		unbelichtet, neues Engtex, ohne schonende Unterlage für Klemmen	1847	18,30	0,99	28	0,50	1,77

**Tabelle 15: Ergebnisse des Streifenzugversuchs, Versuchsreihe Nr. 3**

Darüber hinaus wurden die Proben nach dem Zerreißen mit dem Ergebnis sichtgeprüft, dass alle Schussfäden ungefähr in der Mitte gerissen sind. Mit der Erhöhung der Klemmkraft konnte das Herausrutschen der Schussfäden verhindert werden. Die Vermutung einer zu geringen Klemmkraft hat sich hiermit bestätigt.

### **2.1.1.2 Zusammenfassende Betrachtung der Versuchsergebnisse**

Aus der ersten Versuchsreihe sind die Ergebnisse infolge der im Laufe der Forschung gewonnenen Erkenntnisse über die zu geringe Klemmkraft nur für belichtete Proben ohne Oberstoff (Lfd. Nr. 2) brauchbar. Alle Schussfäden dieser Proben sind, ohne aus den Klemmbacken herauszurutschen, ungefähr in der Mitte gerissen. Die Oberstoffe haben das Einlagentextil bei den Proben Lfd. Nr. 3 und 4 gegen direkte UV-Strahlung geschützt. Über die Festigkeit dieser Proben lässt sich nur sagen, dass sie deutlich weniger als die Festigkeit der ungeschützt bestrahlten Streifen gesunken ist. Um genauere Aussagen über die Alterung der Einlagen zu machen, die mit unterschiedlich gefärbten Oberstoffen belichtet wurden, sind weitere Versuche erforderlich.

Anhand der Erfahrung aus der zweiten und der dritten Versuchsreihen wurde nachgewiesen, dass allein die Klemmkraft der Zugprüfmaschine für die Einspannung der Streifenproben von Bedeutung ist. Die unterschiedlichen Näh- und Versäuberungsarten spielen dabei keine Rolle. Für die nächsten Versuche kann der Aufwand bei der Probenvorbereitung auf das Ausriffeln auf 25 Fäden minimiert werden.

Die Ergebnisse der Lfd. Nr. 2 (belichtet ohne Oberstoff) sowie der Lfd. Nr. 10 und 11 (unbelichtet) (siehe Tabelle 16) sind durchaus mit den Ergebnissen aus 2011 (Tabelle 17) vergleichbar.



Material 041 Engtex	max. Kraft [N]	SA [N]	CV [%]	Festigkeits- veränderung [%]	Dehnung bei max. Kraft [%]	SA [%]	CV [%]	Dehnungs- veränderung [%]
Mittelwert aus Lfd. Nr. 10 und Nr. 11	1807	23,3 3	1,29	-	33,84	1,01	2,99	-
Lfd. Nr. 2 belichtet ohne Oberstoff	1046	25,4	2,43	-42,1	24	0,54	2,28	-29,4

**Tabelle 16: Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Streifenzugversuch**

Im Vergleich zu den unbehandelten Proben (Lfd. Nr. 10 und 11) hat die Höchstzugkraft der belichteten Proben um 42,1 % und die Dehnung um 29,4 % abgenommen.

Material 041 Engtex	max. Kraft [N]	SA [N]	CV [%]	Festigkeits- veränderung [%]	Dehnung bei max. Kraft [%]	SA [%]	CV [%]	Dehnungs- veränderung [%]
unbehandelt	1818,7	9,1	0,50	-	32,7	0,4	1,08	-
belichtet	1044,9	11,2	1,07	-42,58	19,3	0,2	0,99	-40,98

**Tabelle 17: Ergebnisse, Streifenzugversuch (Butterstein[1])**

Vergleicht man die Mittelwerte aus den Ergebnissen der Versuche Lfd. Nr. 10 und 11 mit Lfd. Nr. 12 (neues Einlagentextil), so erhält man eine um 2,1 % gesunkene Höchstzugkraft und eine gleichzeitig um 17,6 % gestiegene Dehnung. Ob die Lagerung des Einlagentextils über 1 Jahr im Büro und im Keller eine bedeutende Abminderung der Festigkeits- und Dehnungswerte nach sich gezogen hat, lässt sich schwer behaupten. Die „natürliche“ Alterung kann anhand dieser Erkenntnisse nicht zweifellos bestätigt werden.

Zum Ende des vorhergehenden Berichtszeitraums wurden weitere Testreihen definiert. Diese umfassten Langzeittests hinsichtlich der Einwirkung von Kettenschmieröl, alkalischem Schweiss, saurem Schweiss sowie Weichspüler. Die in diese Materialien eingelegten Proben und Pads wurden zunächst wöchentlich, später in längeren Abständen, entnommen und geprüft. Die Zeitabstände wurden während der Testdauer verlängert, da sich im Laufe der Messungen, zeigte, dass sich die ermittelten Messwerte nur sehr gering unterscheiden.

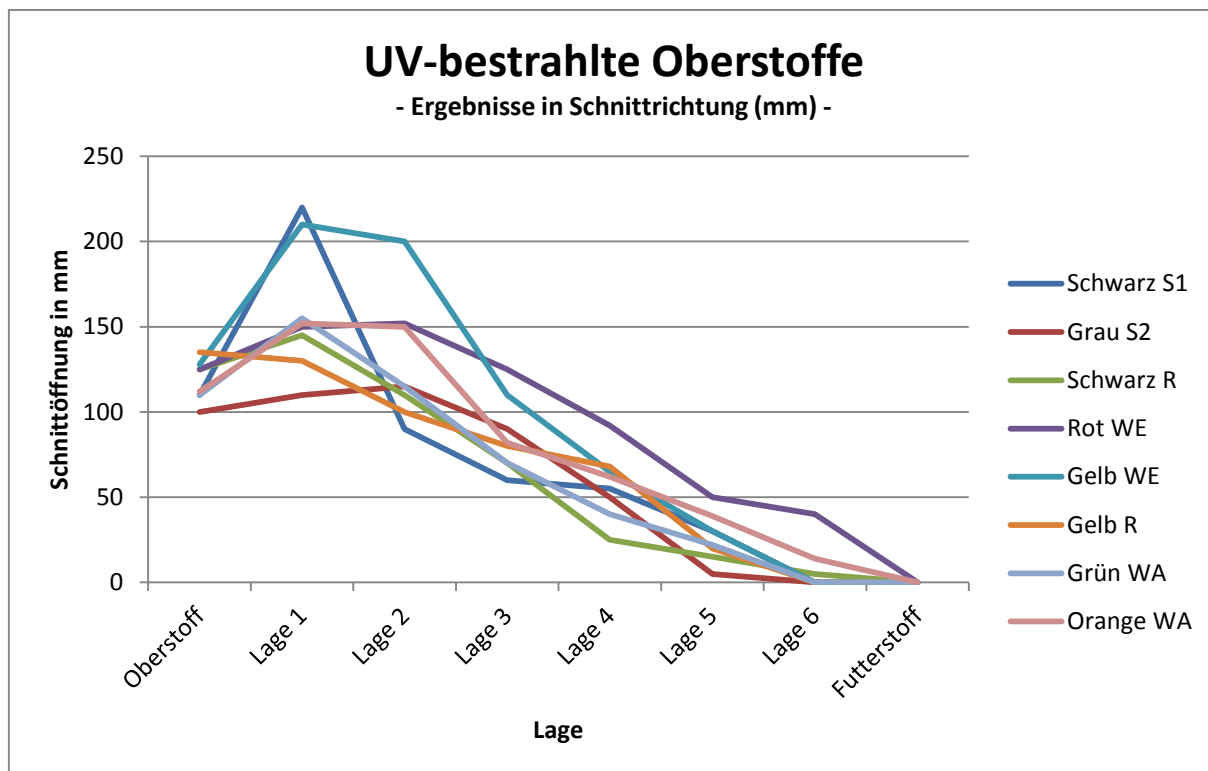


Abbildung 33: Wirkung von UV-Strahlung auf die Schnittsicherheit von Schnittschutzeinlagen bei Abdeckung mit verschiedenen Oberstoffen

Oberstoff	UPF nach DIN EN 13758-1:2001			Transmission [%]	
	Klassifizierung	berechneter UPF		UV-A-Mittelwert	UV-B-Mittelwert
		Mittelwert	Standardabweichung		
Orange WA	kein ausreichender Schutz	14	0,19	6,87 ± 0,63	3,42 ± 0,79
Grün WA	<b>UPF 50+</b> Ausgezeichneter Schutz	> 80	65,39	0,10 ± 0,03	0,02 ± 0,01
Gelb WE	kein ausreichender Schutz	14,7		10,2 ± 3,24	6,27 ± 0,34
Rot WE	ausgezeichneter Schutz, 50+	424		0,24 ± 0,01	0,19 ± 0,01
Gelb R	kein ausreichender Schutz	8		14,31 ± 0,9	12,7 ± 0,96
Schwarz R	ausgezeichneter Schutz, 50+	53,1		1,95 ± 0,13	1,89 ± 0,12
S1 (schwarz)	Daten nicht vorhanden - bitte ergänzen!				
S2 (grau)	Daten nicht vorhanden - bitte ergänzen!				

Tabelle 18: UPF nach DIN EN 13758-1:2001

Die Ergebnisse der Schnittprüfungen und der Ergebnisse der UV-Durchlässigkeit der Oberstoffe zeigt, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem erzielten Schnittergebnis und der UV-Durchlässigkeit des verwendeten Oberstoffes gibt. Es kann, nachdem im Test sehr stark UV-durchlässige und sehr schwach UV-durchlässige Oberstoffe verwendet wurden, davon ausgegangen werden, dass der Einfluss der Oberstoffe auf die Alterung der Schnittschutzeinlagen im täglichen Gebrauch vergleichsweise gering ist.

Nachdem bei Vortests sehr deutlich wurde, dass die ungeschützt mit UV-Strahlung konfrontierten Schnittschutzeinlagen eine gravierendere Verschlechterung der Schnittsicherheit aufweisen, sei dennoch empfohlen, dass Schnittschutzhosen nicht unnötig der Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden sollen. Dies gilt insbesondere für das Trocknen der Hosen nach dem Waschen. Dies sollte nicht in direkter Sonneneinstrahlung erfolgen und keinesfalls sollte die Hose auf links in direkter Sonneneinstrahlung getrocknet werden.

### **2.1.1.3 Bewertung ablegereifer Schnittschutzhosen**

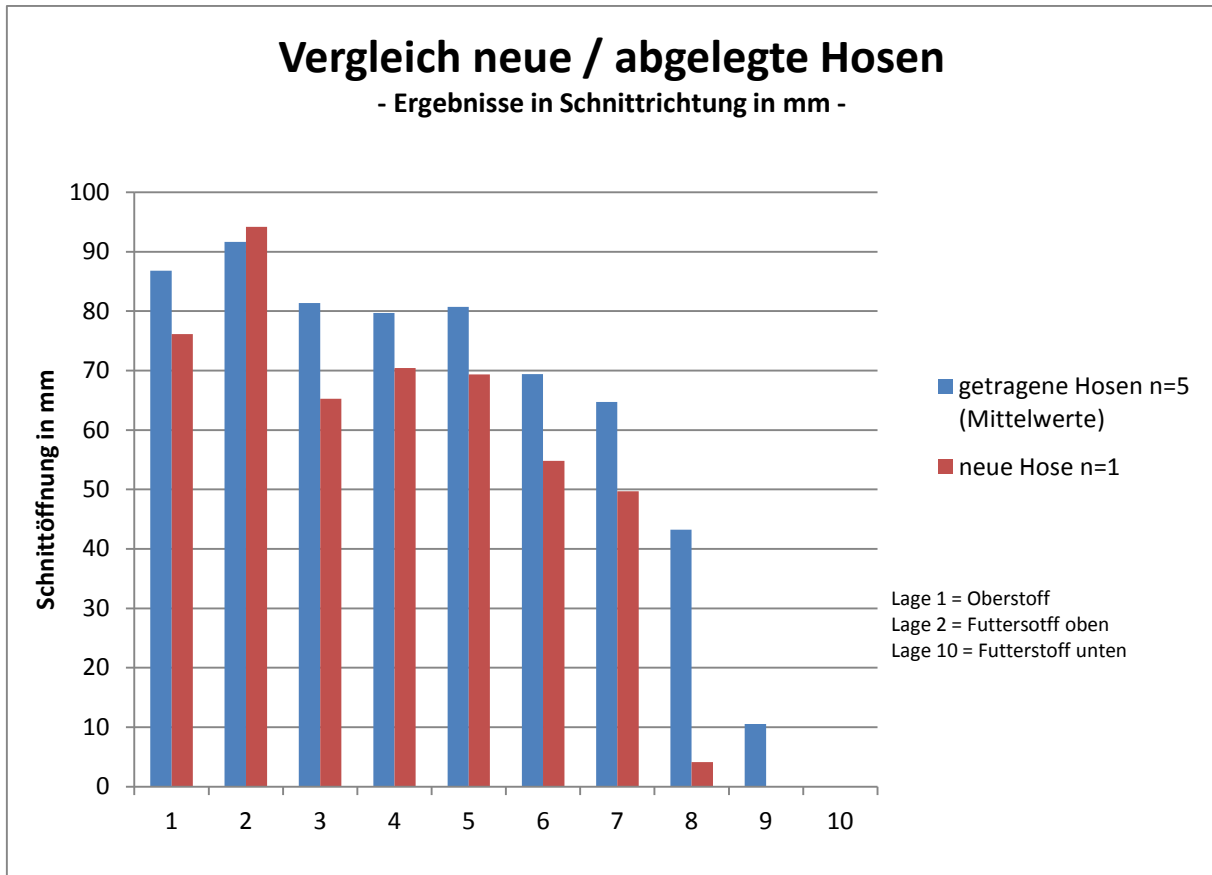
#### **2.1.1.3.1 Hosen der Bayerischen Staatsforsten**

Nachdem nahezu alle durchgeführten Versuchsreihen das Ergebnis gezeigt haben, dass es keine gravierenden Probleme mit der Alterung von Schnittschutzeinlagen durch die getesteten Einflussfaktoren gibt, sollte eine weitere Untersuchung an bereits getragenen Schnittschutzhosen zum Zeitpunkt der Ablegereife durchgeführt werden. Für diese Versuchsreihe wurde die Betriebskleidung der Bayerischen Staatsforsten herangezogen, weil dieser Betrieb der erste größere Forstbetrieb in Deutschland war, der im Jahr 2008 Betriebskleidung für die Beschäftigten eingeführt hat.

SCHIRMER<sup>8</sup> (2013) sammelte im Rahmen seiner Bachelorarbeit von Forstwirten der Bayerischen Staatsforsten ausgesonderte Schnittschutzhosen ein und untersuchte diese auf dem Schnittschutzprüfstand der Hochschule Rottenburg und dem Textillabor der Hochschule Reutlingen.

---

<sup>8</sup> SCHIRMER, S. (2013): „Untersuchung der Eigenschaften fabrikneuer und mehrjährig getragener Schnittschutzhosen der BaySF durch Labor- Schnittprüfungen an den verwendeten Materialien“; Bachelorarbeit an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg



**Abbildung 34: Öffnungsweiten der Schnittschuttlagen bei neuen und getragenen Schnittschutzhosen**

Die Ergebnisse der von SCHIRMER (2013) durchgeführten Versuchsreihe zeigt, dass es zwar eine geringfügige Verschlechterung des Sicherheitsstandards der Schnittschutzhosen nach einer Tragezeit von 3 bis 4 Jahren kam, dass aber alle getesteten Hosen dem Normschnitt noch Standgehalten haben, der Futterstoff also nicht durchtrennt wurde. Nachdem, wie der Test an der neuen Hose zeigt, das Schnittschutzhosenmodell der Bayerischen Staatsforsten im Neuzustand über eine Sicherheitsreserve von einer Lage Schnittschutzmaterial verfügt, könnte bei Hosen ohne diese Sicherheitsreserve nach einer drei- bis vierjährigen Tragezeit der Sicherheitsstandard der Hose unter das von der Norm DIN EN 381 geforderten Niveau sinken.

#### 2.1.1.3.2 Hosen der Berufsfeuerwehr Reutlingen

Die Berufsfeuerwehr Reutlingen hat der Hochschule Reutlingen 9 ausgemusterte Schnittschutzhosen und 29 Paar Schnittschutz-Beinlinge zur Verfügung gestellt, welche aus dem Anschaffungszeitraum 1989/90 stammen und nach 5 Jahren Nutzung bzw. Lagerung im Fahrzeug aussortiert wurden.

Die Tragedauer betrug ca. 5 – 10 Stunden pro Jahr zu Motorsägens Schulungen und kurzen Einsätzen. Über die Art und Häufigkeit des Waschens weiß man, dass sie 2-3 Mal pro Jahr in einer Haushaltswaschmaschine gewaschen und evtl. auch geschleudert wurden. Die Hosen und Beinlinge stammen von verschiedenen Herstellern und unterscheiden sich deshalb in Konstruktion und Material der Schnittschutzeinlagen. Es kommen Gewirke, Gestricke und

Gewebe aus Polyester- und Polyamidfasern zum Einsatz, wobei die Fasern texturiert und glatt verarbeitet wurden. Auch in der Verbindung vom Schnittschutzpad mit der Hose und in der Materialzusammensetzung des Oberstoffs gibt es Unterschiede.

Bei einigen Herstellern wurde nachgefragt, ob von diesem Modell ein neues Exemplar geliefert werden könnte. Da es sich um alte Kleidungsstücke handelt, war dies leider nicht mehr möglich. Ein Vergleich alt gegen neu wäre hoch interessant gewesen.

Exemplarisch wird im Folgenden zunächst auf die orangenen Beinlinge der Firma HF-Sicherheitskleidung eingegangen. Diese sind in Form A gefertigt, die nach heutigem Stand für die Feuerwehr nicht zugelassen ist. 27 einzelne Beinlinge davon wurden aufgeschnitten und der Zustand der Schnittschutzeinlagen sowie der Beanspruchungsgrad des Beinlings insgesamt analysiert.

7 Beinlinge, darunter verschieden stark beanspruchte Exemplare von kaum bis sehr stark beansprucht, wurden belassen, um einige davon beim Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. in Groß-Umstadt (KWF) einer Schnittprüfung auf dem Prüfstand zu unterziehen.

Vermutet wurde zunächst, dass stark strapazierte Hosen eine Beschädigung des Schnittschutzmaterials aufweisen würden. Zumindest eine Verschiebung der Gewirkstruktur wurde erwartet. Nachdem die Schnittschutzpads seitlich aufgeschnitten worden waren, konnte allerdings festgestellt werden, dass lediglich bei 4 der 27 Pads die oberste Lage (die unter dem Oberstoff liegt) kleine Fadenverschiebungen aufwies. 2 Pads zeigten kleine Verschiebungen an der untersten Lage. Die mittleren Lagen waren unbeschädigt.



**Abbildung 35: Fadenverschiebung in einem Beinling der Fa. HF-Forstwirtschaft**

Die Analyse und der Vergleich mit aktueller Schnittschutzbekleidung bezieht sich auf den Aufbau der Lagenpakete und der Eigenschaft der Schnittschutzeinlage.

Die in den gebrauchten Beinlingen eingearbeitete Schnittschutzeinlage wurde mit der im Forschungsprojekt ESiMoVA verwendeten Einlage der Fa. Engtex verglichen. Wie in Tabelle 19 aufgezeigt, bestehen die Lagenpakete der gebrauchten Beinlinge aus wesentlich mehr Lagen als dies in heutigen Schnittschutzhosen üblich ist. Zielsetzung für die Reduzierung der Anzahl Lagen ist die Reduzierung des Gewichts der Hose. Ein geringes Gewicht stellt häufig ein wichtiges Verkaufsargument dar. So bestehen die gebrauchten Beinlinge aus insgesamt 10 Lagen Schutzmaterial, wobei unter dem Oberstoff zunächst 9 Lagen Schnittschutzmaterial vorhanden sind, dann eine Lage Netzfutter, nochmals eine Lage Schnittschutzmaterial

und als inneren Abschluss nochmals ein Netzfutter. Heutige Lagenpakete bestehen aus 6-9 Lagen Schnitenschutzmaterial unter dem Oberstoff und innen als unterste Lage das Futter.

<b>Aufbau Lagenpaket</b>	<b>Aktuelle Hose</b>	<b>Beinlinge Feuerwehr RT</b>
Oberstoff	Ja	Ja
Schnittschutz Anzahl Lagen	6 – 9	10
Netzfutter als Zwischenfutter	Nein	Ja, nach 9 Lagen
Schnittschutzgewirk	Nein	1 Lage
Innenfutter/Netzfutter	Ja	Ja
<b>Aufbau der Schnittschutzes</b>	<b>Engtex 041</b>	<b>Beinlinge der Feuerwehr RT</b>
Konstruktion	Kettengewirk	Kettengewirk
Material Grundgewirk	Polyester, texturiert	Polyester, texturiert
Material Schussfäden	Polyester, glatt	Polyamid, glatt

**Tabelle 19: Vergleich des Aufbaus aktueller Schnittschutzhosen mit denen der Berufsfeuerwehr Reutlingen.**

Sowohl die Einlage der Fa. Engtex als auch die in den Beinlingen eingesetzte Ware ist ein Kettengewirk, allerdings unterschiedlicher Bindung.

Als Material wurden in den Beinlingen Polyamid und Polyester verwendet, das Engtex-Material besteht ausschließlich aus Polyester. Bei beiden Einlagen wurden für das Grundgewirk ein texturiertes Garn und für den Schusseintrag ein glattes Garn eingesetzt.

Zwei Beinlinge wurden beim KWF Schneidetests unterzogen. Es wurde ein wenig und ein stark beanspruchter Beinling ausgewählt. Beide haben dem Schneidetest auf dem Prüfstand gehalten. 9 Lagen Schnitenschutzmaterial wurden beschädigt bzw. durchtrennt. Die darunterliegenden Lagen Futterstoff/Schnittschutz/Futterstoff blieben unbeschädigt.

Dieses Ergebnis überrascht, da die Beinlinge über 20 Jahre alt sind. Bisher wurde davon ausgegangen, dass die Schutzwirkung des Schnittschutzmaterials durch Alterung und Benutzung nachlässt und somit für den Träger kein ausreichender Schutz mehr besteht. Aus dieser Sichtweise hätten die Schnittschutzbeinlinge nicht ausgesondert werden müssen. Da sich inzwischen aber die Vorschriften geändert haben, wären die Beinlinge in jedem Fall aus 2 Gründen auszutauschen gewesen: erstens weil die Form A mit dem Schnittschutz nur an der Vorderseite des Beines für die Feuerwehr nicht zugelassen ist, wohl aber für Forstleute, und zweitens, weil dringend empfohlen wird, Beinlinge nur dann einzusetzen, wenn diese im Vorderhosenschlitzbereich fest verbunden sind, was bei den vorliegenden Beinlingen nicht der Fall war.

Neben den Beinlingen der Fa. HF-Sicherheitskleidung wurden Schnittschutzhosen und –beinlinge anderer Hersteller untersucht. Hier waren sowohl Form A als auch Form C vertreten. Alle Schnittschutzeinlagen bestanden aus Kettengewirken mit 9 bis 11 Lagen, wobei auch hier immer vor der untersten Lage ein Zwischenfutter eingelegt war. Einige dieser La-

genpakete wiesen eine Vernähung in Längsrichtung von den Schnittschutzeinlagen mit den Futterlagen im Abstand von 8 – 10 cm auf. Eine solche Vernähung findet in neuen Hosen nicht statt.

Zum Teil waren auch erhebliche Beschädigungen der Schnittschutzeinlagen erkennbar: So z.B. fehlten Schussfäden in allen Lagen, wie Abbildung 35 zeigt. In Abbildung 36 ist zu erkennen, dass sich sämtliche Schussfäden am Saum gesammelt haben und dort teilweise verfilzt sind. Sie sind regelrecht nach unten gerutscht. Hier würde ein Schnitttest kaum erfolgreich verlaufen.



**Abbildung 36: Längs versteppte Einlage mit herausgezogenen Schussfäden**



**Abbildung 37: Saum eines Beinlings, in dem alle Schussfäden zum Saum nach unten gerutscht sind**

Neben den Schnittprüfungen fanden auch Zugprüfungen der eingesetzten Schussgarne im Labor statt. Hierbei wurden aus einem Schnittschutzpaket, also entweder einem Hosenbein oder von einem Beinling von der obersten und der untersten Lage Fäden entnommen und auf die Höchstzugkraft getestet. Unterschieden wurde vereinzelt zudem innerhalb derselben Lage zwischen wenig und stark verschmutzten Garnen. Es gab bei einigen Beinlingen Stellen, die deutlich stärker verschmutzt waren als der Rest der Lage. Hier wurden diese verschmutzten Stellen gesondert gemessen und mit den nicht verschmutzten Garnen verglichen. Da insbesondere bei den Beinlingen mehrere gleiche Exemplare vorhanden waren, wurden nicht alle gemessen. Insgesamt wurden 24 Messungen durchgeführt unter Berücksichtigung der Mehrfachmessungen in derselben Lage. Untersucht wurde, ob es zwischen der obersten und untersten Lage deutliche Unterschiede in der Höchstzugkraft gibt. Tabelle 6 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse.

Messungen insgesamt	24
davon statistisch signifikante Unterschiede	11
davon Höchstzugkraft in der obersten Lage höher	8
hierbei größter prozentualer Unterschied	5,00%
Höchstzugkraft in der untersten Lage höher	3
hierbei größter prozentualer Unterschied	8,10%
Messungen an verschmutzten Stellen	3
Höchstzugkraft an der verschmutzten Stelle höher	2
Höchstzugkraft an der nicht verschmutzten Stelle höher	1

**Tabelle 20: Ergebnisse Labormessung Schnittschutzbekleidung der Berufsfeuerwehr Reutlingen**

Insgesamt waren also nur bei 11 Messungen statistisch signifikante Unterschiede zu sehen. Bei 8 Messungen war die Höchstzugkraft in der obersten Lage höher, wobei die prozentualen Unterschiede zwischen 1,19 und 5,0% betragen. Bei den 3 Messungen, bei denen die Höchstzugkraft in der untersten Lage höher war, betragen die Unterschiede 2,3 bis 8,1%. Die jeweiligen Mittelwerte der Höchstzugkraft betragen 3,0% bzw. 5,13%. Unterstellt man, dass die Lagen im damaligen Neuzustand der Hosen und Beinlinge im Wesentlichen identisch waren, so ist zu überlegen, woher die Unterschiede kommen und wie die Ergebnisse weiter zu interpretieren sind. Interessant ist, dass bei der Mehrzahl der Messungen die Höchstzugkraft bei der untersten Lage geringer war als bei der obersten Lage. Eine Möglichkeit der Interpretation wäre dann, dass Schweiß bei diesen Hosen einen Einfluss gehabt haben könnte, denn die untersten Lagen sind am Nächsten zu der Haut. Wenn diese Interpretation zuträfe, ist andererseits zu überlegen, dass die Werte mit etwa 3% bzw. 5% auch nicht sehr groß sind. Und die o.g. Schnitttest ergaben ebenfalls, dass die Hosen bzw. Beinlinge noch den Normschnitt bestanden haben.

### 2.1.2 **Arbeitspaket 2:** Beschreibung der Anforderungen an den Oberstoff / Gebrauchsfunktionen

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Die Beschreibung der Anforderungen an den Oberstoff / die Gebrauchsfunktionen wurde einerseits von PUM<sup>9</sup> (2012) im Rahmen seiner Bachelorarbeit geklärt:

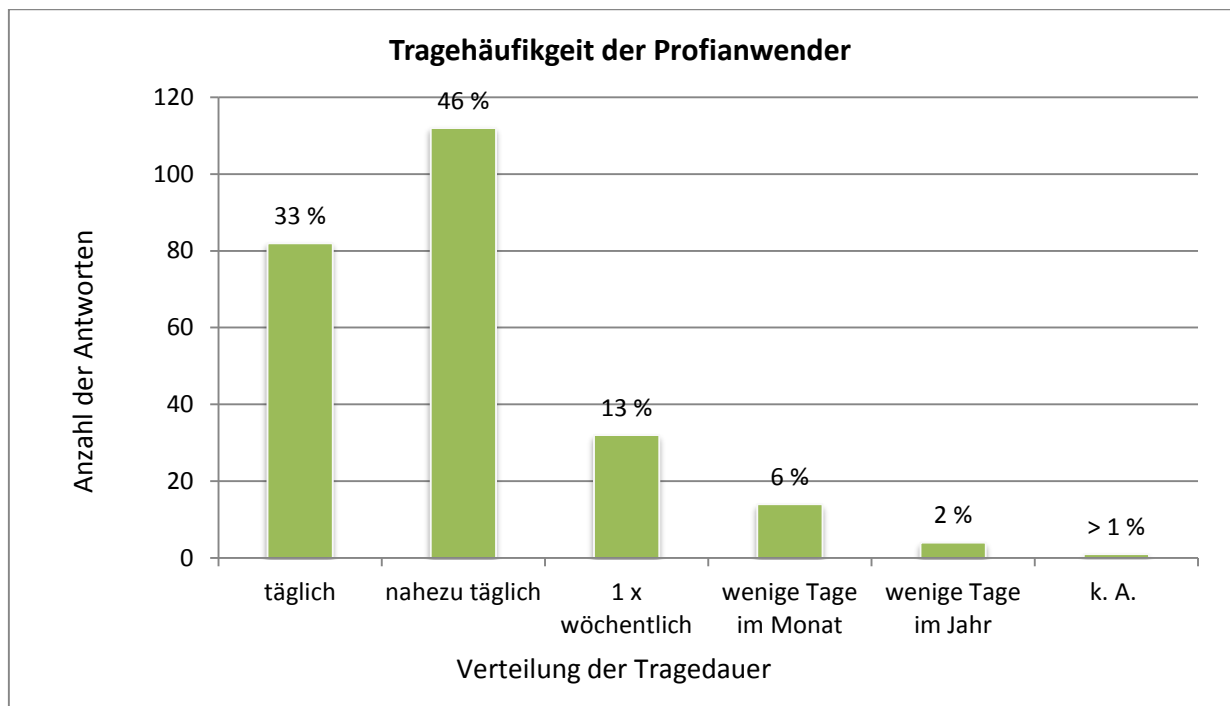
Zur Erhebung der Daten wurde eine Befragung mit Hilfe eines Fragebogens durchgeführt an der 315 Personen teilnahmen. Die Befragten wurden in die Gruppe der gewerblichen und in

<sup>9</sup> PUM, B. (2012): „Umfragegestützte Datenerhebung zum Trage- und Pflegeverhalten von Schnittschutzhosen“; Bachelorarbeit der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg



die Gruppe der privaten Nutzer aufgeteilt. Die folgenden Darstellungen beziehen sich vorwiegend auf die Erkenntnisse, die für die Anforderungen von Profianwendern an ihre Schnittschutzhosen gestellt werden. Die Anforderungen der Hobbyanwender werden lediglich verbal beschrieben und können detailliert ggf. in der entsprechenden Bachelorarbeit nachgelesen werden.

Beim Trageverhalten zeigte sich, dass mehr als zwei Drittel der Profianwender ihre Schnittschutzhose täglich bzw. nahezu täglich tragen. Die Hälfte der Hobbynutzer verwenden ihre Hosen nur wenige Tage im Jahr.



**Abbildung 38: Tragehäufigkeit von Schnittschutzhosen bei Profianwendern**

Die Häufigkeitsverteilung der Unfälle zeigt, dass etwas mehr als die Hälfte aller Profis einen Unfall hatten. Im Gegensatz dazu ist es bei den privaten Trägern nur ein Drittel, welche sich mit der Motorsäge in die Schnittschutzhose gesägt haben.

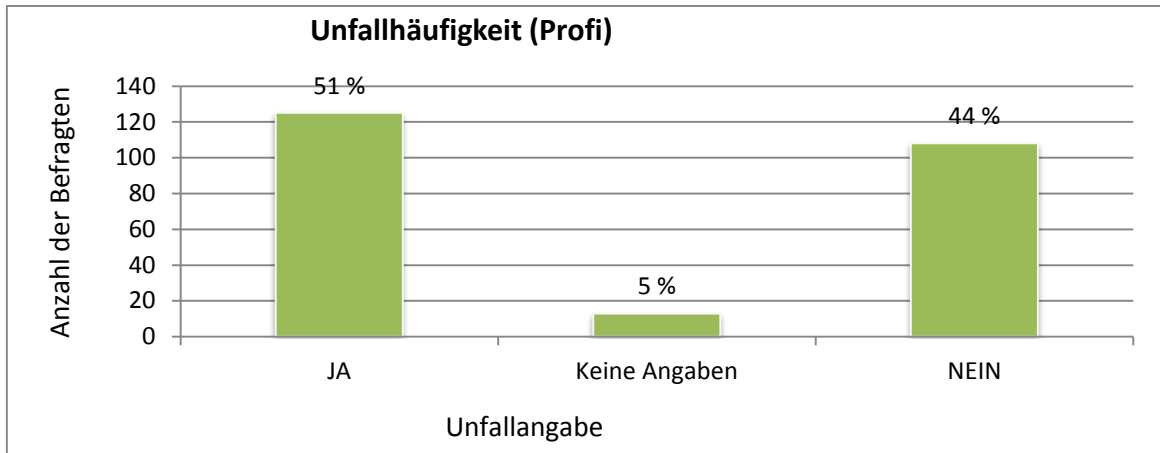


Abbildung 39: Unfallhäufigkeit bei professionellen Motorsägenarbeiten

Neben den Unfällen, bei denen es zwar zu einer Beschädigung der Schnittschutzhose kam, der Anwender aber nicht verletzt wurde, ist insbesondere letzterer Aspekt von besonderer Bedeutung. Schließlich liegt der Zweck der Schnittschutzhose genau in der Vermeidung der Verletzung des Anwenders. Die im Folgenden dargestellte Häufigkeit von Durchtrennungen deutet darauf hin, dass es Unfallszenarien gibt, die die derzeit auf dem Markt befindlichen Schnittschutzhosen nicht verhindern können.

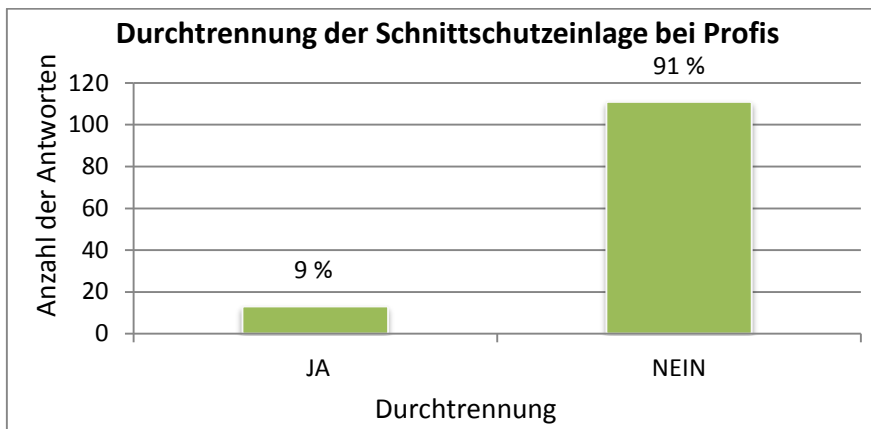
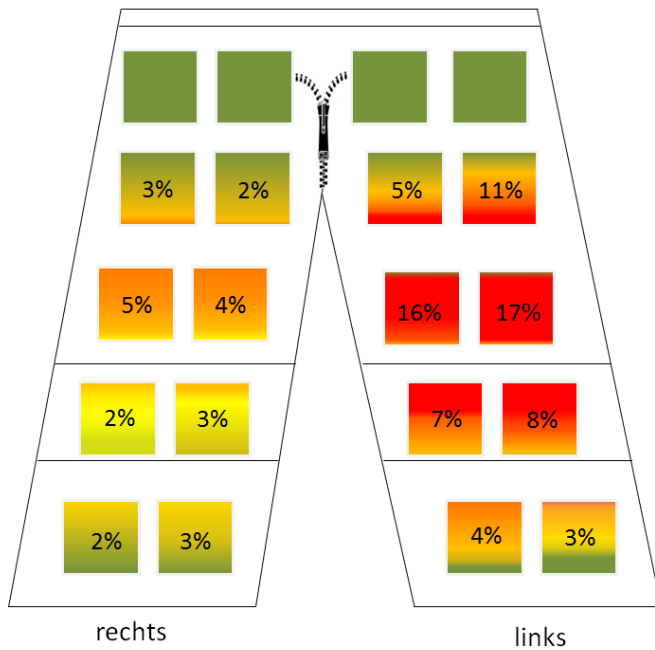


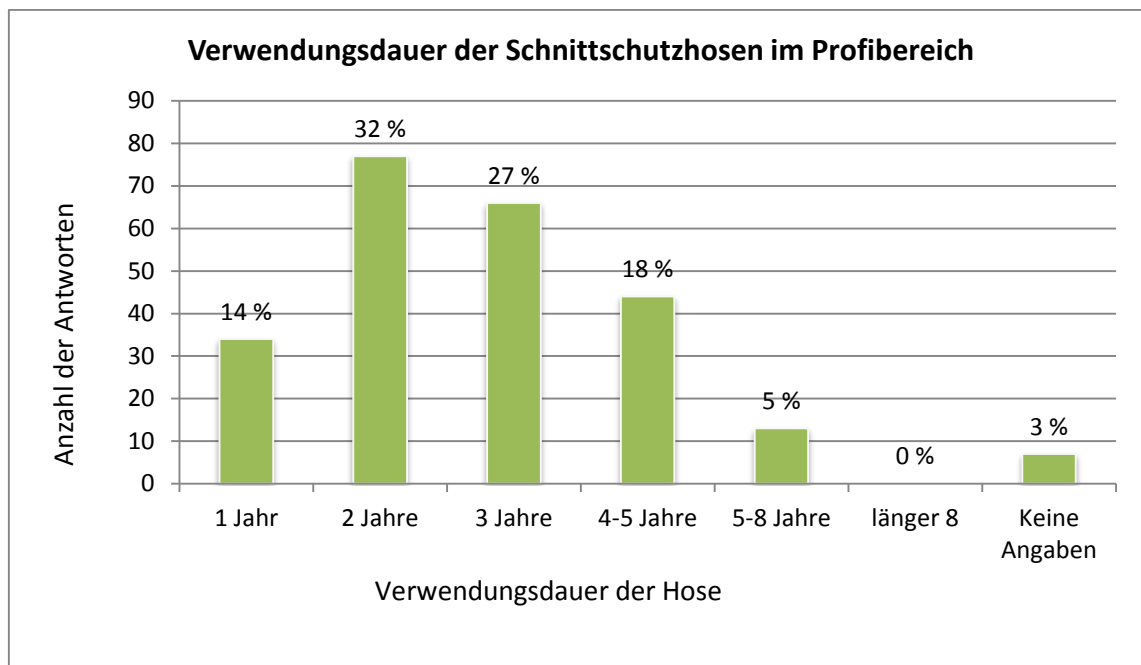
Abbildung 40: Häufigkeiten von unfallbedingten Durchtrennungen von Schnittschutzhosen

Die folgende Abbildung zeigt die Stellen, an denen es bei den Anwendern zu den meisten Kontakten zwischen Motorsäge und Schnittschutzhose kommt. Diese Erkenntnis könnte zukünftig dafür genutzt werden, Schnittschutzhosen an den häufiger getroffenen Stellen stärker auszulegen.



**Abbildung 41: Auftreffpunkte der Säge auf der Schnittschutzhose**

Wesentliches Thema des vorliegenden Forschungsprojektes ist die Bestimmung einer Altersgrenze für Schnittschutzhosen. Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, wie lange die Anwender bis dato ihre Schnittschutzhosen verwenden, bis sie diese aussondern. Derzeit vergehen bei zwei Drittel der Profis zwischen zwei und fünf Jahren bis zur Aussonderung der Hosen.



**Abbildung 42: Verwendungsdauer von Schnittschutzhosen im professionellen Einsatz**

Bezogen auf die Waschungen, welche 60 % der genannten Gruppe mehrmals bzw. mindestens einmal im Monat durchführen, werden Schnittschutzhosen – im Vergleich zur genannten Verwendungsdauergrenze der Hersteller - zu lange getragen.

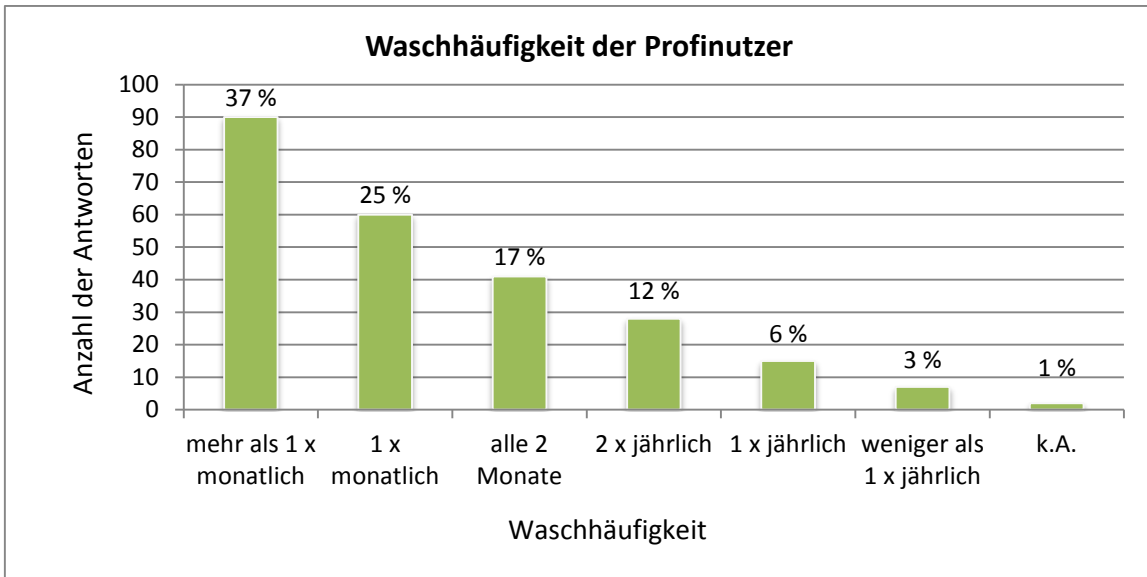


Abbildung 43: Waschhäufigkeiten von Schnitzzhosen im professionellen Einsatz

Zur Identifikation der Anforderungen der Anwender an die Gebrauchsfunktionen wurde erfragt, welche Gründe für eine Kaufentscheidung der Anwender verantwortlich sind:

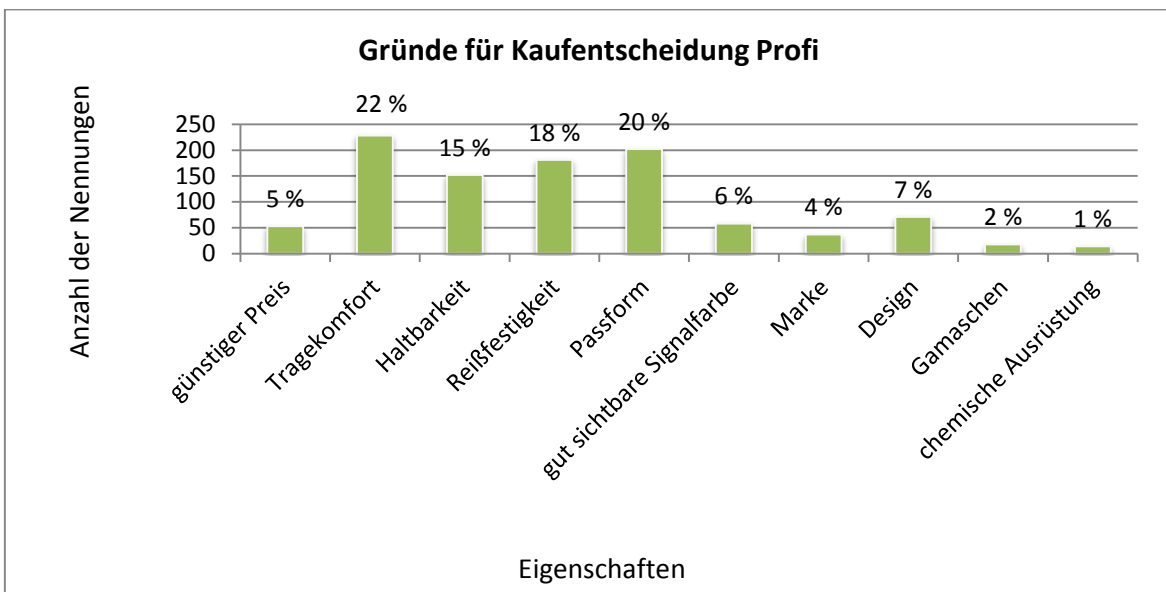
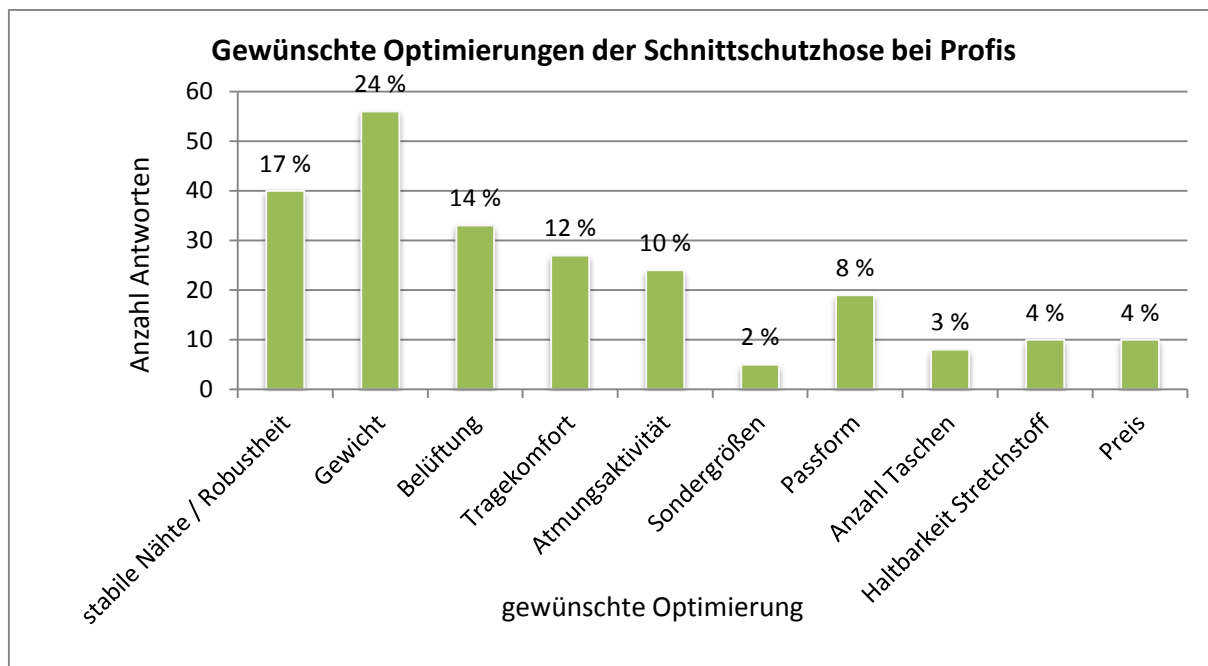


Abbildung 44: Gründe für die Auswahl von Schnitzzhosen durch Profis

Neben den Gründen für eine Kaufentscheidung wurden die Anwender gefragt, welche Optimierungswünsche sie bei den bestehenden Schnitzzhosen haben.



**Abbildung 45: Von Profis gewünschte Optimierungen an Schnittschutzhosen**

Beginnend ab dem 3. Monat des Projekts wurden Arbeiten zu Oberstoffen durchgeführt. Hierzu wurden vom Projektpartner Fa. Thurner fertig produzierte Schnittschutzhosen zur Verfügung gestellt. Von diesen Hosen wurde eine Hose aufgetrennt und in die Einzelteile zerlegt. Die Oberstoffe (die Hose bestand aus mehreren verschiedenen Stoffen) wurden untersucht hinsichtlich UV-Durchlässigkeit (Vergabe extern an die Hohenstein-Institute), Snagging und Pilling.

Bereits bei diesen Versuchen zeigte es sich, dass die modernen Stoffe, die zwischenzeitlich bei einem breiten Spektrum der Schnittschutzhosen Verwendung fanden, hinsichtlich der geplanten Tests sehr gut abschnitten. So war die Durchlässigkeit von UV-Strahlen sehr gering und die mechanischen Eigenschaften hinsichtlich Snagging und Pilling sehr gut.

Da es sich dann zeigte, dass an der Hochschule Reutlingen Möglichkeiten bestehen, die Tests gemäß UV-Durchlässigkeit im Hause durchzuführen, wurde zunächst auf die Vergabe von weiteren externen Aufträgen verzichtet. Im weiteren Verlauf wurde die Möglichkeit weiter untersucht und die Konformität mit der Norm DIN EN 13758-1 überprüft und sichergestellt. Anschließend wurden die Vorbereitungen getroffen, die Messungen an der Hochschule Reutlingen durchzuführen. Hierzu wurden Probemessungen mit den zuvor an extern vergebenen Stoffen gemacht und die Ergebnisse mit den externen Ergebnissen verglichen.

Parallel zu diesen Arbeiten wurden weitere Oberstoffe beschafft. Desweiteren ergab es sich, dass ein Discounter zu der Zeit eine Schnittschutzhose im Angebot hatte. Somit wurde eine dieser Discounter-Hosen gekauft, der verwendete Oberstoff ging in die Untersuchungen mit ein. Es wurden laufend aktuelle Schnittschutzhosen gesichtet, untersucht und bewertet. Die Beschaffung aktuell verwendeter Stoffe war und ist teilweise nicht einfach. So ist es oftmals zunächst schwierig die Lieferanten überhaupt ausfindig zu machen. Gegebenenfalls werden nur große Mengen der Stoffe geliefert, und weiterhin liefern manche Lieferanten nur an bestimmte Kunden. Hier war es auch für Forschungsinstitute teilweise nicht möglich, Stoffe zu bekommen. Die Beschaffung der Oberstoffe erfolgte aufgrund verschiedener Anfragen und

Lieferquellen zeitversetzt. Letztlich standen insgesamt 8 verschiedene Oberstoffe für Versuche zur Verfügung.

Es wurde eine Bachelorarbeit vergeben mit dem Titel „Ermittlung der Eigenschaften und Definition der Anforderungen an die Oberstoffe von Schnittschutzhosen“ von Regina Dobler (DOBLER 2012). Hierin wurden die Eigenschaften der gängigen Oberstoffe bezüglich des Einflusses von Dornen und der UV-Durchlässigkeit ermittelt. Anschließend wurden daraus Anforderungen an neu zu entwickelnde Oberstoffe definiert. Zusammen mit der Projektarbeit „Ermittlung der Eigenschaften der Oberstoffe von Schnittschutzhosen bezüglich der Wasserdichtheit und Durchlässigkeit von Kettenöl“ wurden verschiedene Stoffe untersucht. Die Stoffe wurden teilweise über Kontakte der Hochschule Rottenburg, aus noch vorhandenen Beständen der Hochschule Rottenburg und von der Hochschule Reutlingen besorgt. Weiterhin wurden die Stoffe einer gebrauchten Hose sowie einer Hose, die bei einem Discounter gekauft wurde, verwendet. Bei einer weiteren Bachelorarbeit von Julia Schmick (SCHMICK 2013) wurden noch Stoffe des Projektpartners Rökona einbezogen. In dieser Arbeit wurden weitere Untersuchungen gemacht und die Untersuchungen der vorhergehenden Arbeit fortgeführt.

Aus den Untersuchungen der ersten Arbeiten wurden gemäß Beschreibung dieses Arbeitspakets dann Anforderungen an den Oberstoff abgeleitet. Hierzu wurden verschiedene Aspekte der Stoffe einbezogen, wie Materialzusammensetzung, Art der Garne, Bindung, Fadendichte, Beschichtung, Färbung und weitere. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anforderungen an Oberstoffe als Übersicht.

Leinwand- oder Körperbindung	hochgedrehte Garne	hohe Fadendichte
geringes Flächengewicht	dunkle Farbe	geringe Snagging-Anfälligkeit
UV-schützend	geringe Benetzbarkeit	geringes Saugvermögen
hohe Lichtechtheit	hohe Scheuerfestigkeit	hohe Reibechtheit
hohe Reißfestigkeit	schmutzabweisend	pflegeleicht
waschbar	Einlaufsicher	schnell trocknend
geringe Knitterneigung	leicht bügelbar	atmungsaktiv
biegsam	ansprechendes Design	

**Tabelle 21: Anforderungen an Oberstoffe, Quelle (Dobler[1])**

Wie oft ergeben sich auch hier teilweise sich widersprechende Anforderungen. So führt beispielsweise eine Erhöhung der Fadendichte zu einem besseren UV-Schutz, andererseits wird jedoch das Flächengewicht erhöht was mit geringerem Tragekomfort verbunden ist.

Andererseits wurden von DOBLER<sup>1011</sup> im Rahmen ihrer Bachelorarbeit und Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen Eigenschaften der Oberstoffe ermittelt und hieraus weitere Anforderungen an die Oberstoffe ermittelt. Die tiefergehenden Untersuchungen wurden dann im Arbeitspaket 3 durchgeführt.

Die beschriebenen Erkenntnisse über die Anforderungen, die an Schnitzzuschutzhosen gestellt werden, bilden eine Grundlage für die Weiterentwicklung von Schnitzzuschutzhosen bezüglich der Schnittgestaltung und der Auswahl der verwendeten Materialien.

### 2.1.3 **Arbeitspaket 3:** Entwicklung von Oberstoff und Innenfutter zur Verbesserung der Alterungsbeständigkeit der Schnitzzuschutzeinlage

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Zu Projektbeginn wurde auf der Grundlage der Arbeit von WICHMANN (2001) davon ausgegangen, dass mindestens einer der getesteten Einflussfaktoren Kraftstoff, Kettenschmieröl, Schweiß, Waschen und Schleudern sowie UV-Strahlung eine vorzeitige Alterung der Schnitzzuschutzeinlage begünstigen würden. Es sollte in Arbeitspaket 1 identifiziert werden, welcher der vorgenannten Stoffe die Alterung bewirkt um entsprechend auf textiler Basis Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Demzufolge entstand das Arbeitspaket 3 um wirksame Gegenmaßnahmen bereits bei der Konfektion der Schnitzzuschutzhose zu ergreifen.

Aufgrund der erlangten Ergebnisse zur Projektlaufzeit mit den getesteten Schnitzzuschutzeinlagen aus Polyester konnte in den Laborversuchen nur durch den Einfluss von UV-Strahlung eine vorzeitige Alterung und somit Herabsetzung der Schnitzzicherheit beobachtet werden.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse und der Tatsache, dass sich aktuelle, moderne Oberstoffe auf dem Markt befinden, ergab sich keine Notwendigkeit, einen neuen, speziellen Oberstoff zu entwickeln. Die Entwicklung bei den Stoffherstellern und die Verwendung solcher hochwertigen Stoffe, die teilweise auch aus dem Outdoor-Bereich stammen, ließ eine Neuentwicklung nicht sinnvoll erscheinen. Daher wurde dieses Arbeitspaket dazu verwendet, aufbauend auf dem Arbeitspaket 2, vorhandene Stoffe hinsichtlich der relevanten Eigenschaften weiter und intensiver zu untersuchen.

Weiterhin wurden in diesem Arbeitspaket Arbeiten durchgeführt, um vorhandene Oberstoffe hinsichtlich unterschiedlicher Faktoren zu untersuchen. Außerdem wurde der Fokus auf das Gesamtpaket „N Lagen Schnitzzuschutzeinlage in Verbindung mit Oberstoff“ gelegt. In diesem Zusammenhang wurden folgende weitere Fragestellungen untersucht:

---

<sup>10</sup> Dobler, R (2012): Ermittlung der Eigenschaften und Definition der Anforderungen an die Oberstoffe von Schnitzzuschutzhosen, Bachelorarbeit an der Hochschule Reutlingen

<sup>11</sup> Dobler, R (2012): Ermittlung der Eigenschaften der Oberstoffe von Schnitzzuschutzhosen bezüglich der Wasserdichtheit und Durchlässigkeit von Kettenöl, Projektarbeit

- Einsatz alternativer Materialien für den Schnittschutz, in diesem Fall verschiedene Flächenkonstruktionen aus Aramiden (Projektmonat 9 -24)
- Auswirkung unterschiedliche Richtungslegung (Fadenlauf) der Schnittschutzeinlagen im Verbund (Projektmonat 21 -24)
- Auswirkung unterschiedlicher Festigkeit der Nähte, mit denen das Schnittschutzmaterial genäht wird (Projektmonat 21 -24, diese Arbeiten sind auch dem Arbeitspaket 5 zuzuordnen)

### **2.1.3.1 Untersuchung der Oberstoffe hinsichtlich UV-Durchlässigkeit**

Aus den Untersuchungen war bekannt, dass UV-Strahlung die Polyester-Einlagen der Schnittschutzhose schädigt. Daher wurde der Schwerpunkt zunächst auf diese Untersuchungen gelegt. In weiteren Arbeiten wurden dann Untersuchungen hinsichtlich Öldurchlässigkeit, Wasserdurchlässigkeit und Luftdurchlässigkeit gemacht. Diese Arbeiten wurden ebenfalls im Rahmen der Bachelorarbeit von Dobler durchgeführt.

Zunächst wurden hinsichtlich der UV-Durchlässigkeit vier Oberstoffe untersucht. Wie in der DIN EN 13758-1 Norm vorgegeben, wurden von den vier Oberstoffen jeweils 4 Messproben, 2 in Kett- und 2 in Schussrichtung, entnommen. Die Entnahme erfolgte großflächig und unter Aussparung der ersten 5 cm von den Webkanten. Die Proben wurden auf eine Größe von 5 cm x 5,5 cm zugeschnitten. Anschließend werden diese an das Normklima angeglichen. Zur besseren Positionierung der Messproben in dem Messgerät wurden Probenhalter mit einer Größe von 5 cm x 5,5 cm angefertigt. In der Mitte wurde eine kreisförmige Aussparung mit einem Durchmesser von 3,5 cm ausgestanzt.

Die Messungen wurden im Spektroskopielabor der Hochschule Reutlingen mit einem Spektrometer Lambda 1050 der Firma Perkin Elmer durchgeführt.

In Ergänzung zu der Norm und in Anlehnung an den UV-Standard 801 wurden die Proben nicht nur im trockenen Neuzustand, sondern auch unter Einfluss von alltäglichen Faktoren geprüft. Die Transmissionsmessung wurde an folgenden Messproben durchgeführt:



- trockener Neuzustand
- Snagging
- Dornen
- nass
- mit Öl

Bei den Snagging-Messproben handelte es sich um die Proben, die zuvor einer Snagging-Prüfung unterzogen wurden. Zur Prüfung der „Dornen“-Messproben wurden mit einem Brombeerdorn durchstochene Proben herangezogen.

Für alle Proben wurden die in der Norm beschriebenen Berechnungen gemacht, insbesondere der UV-Schutzfaktor UPF berechnet. Anhand dieser Berechnungen wurden die Proben miteinander verglichen.

Die folgende Abbildung und folgende Berechnungen zeigen beispielhaft die Transmissionsrate und Berechnungen für den trockenen Neuzustand:

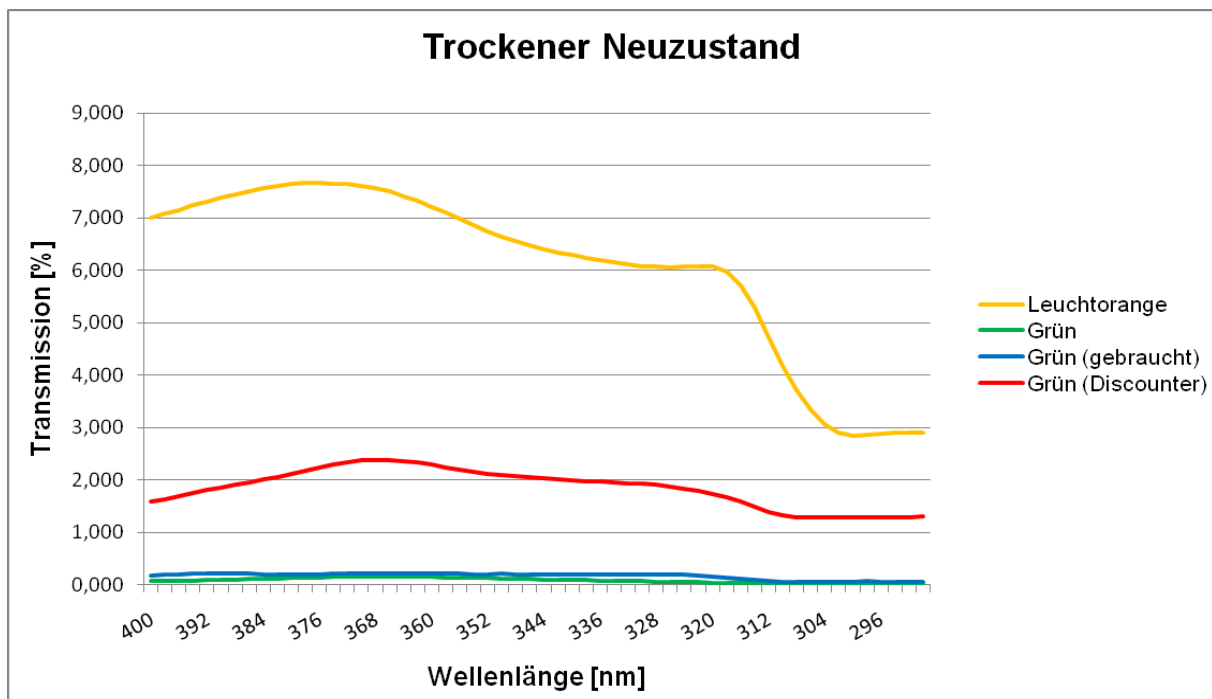


Abbildung 46: Transmissionsrate, Quelle: (Dobler[1])

Oberstoff	UPF nach DIN EN 13758-1:2001		Transmission [%]		
	Klassifizierung	berechneter UPF		UV-A- Mittelwert	UV-B- Mittelwert
		Mittelwert	Standard- abweichung		
Leuchtorange (Watex)	--- kein ausreichender Schutz	14	0,19	6,87 ± 0,63	3,42 ± 0,79
Grün (Watex)	<b>UPF 50+</b> Ausgezeichneter Schutz	> 80	65,39	0,10 ± 0,03	0,02 ± 0,01
Grün (gebrauchte Hose)	<b>UPF 50+</b> Ausgezeichneter Schutz	> 80	61,31	0,20 ± 0,03	0,07 ± 0,01
Grün (Hose aus dem Discounter)	<b>UPF 50</b> Ausgezeichneter Schutz	49	2,61	2,02 ± 0,24	1,33 ± 0,09

**Tabelle 22: UPF und Transmissionsrate verschiedener Oberstoffe**

Ist der berechnete UPF größer als 80 wird „> 80“ angegeben. Bei einem UPF der kleiner als 15 ist, wird nur „---“ angegeben.

Insgesamt ergab sich, dass keiner der getesteten Einflüsse die zuvor berechneten UPF-Werte negativ veränderte. Allerdings konnte erkannt werden, dass die UV-Durchlässigkeit von der Farbe des Stoffs abhängig ist. Bei den Proben befanden sich zwei identische Stoffe, einmal in Grün und einmal in Leuchtorange. Bei dem Stoff der letzteren Farbe war der UV-Schutzfaktor deutlich geringer.

In einer weiteren Bachelor-Thesis sollte der Darstellung bez. der unterschiedlichen Transmissionsrate in zwei Versuchsreihen nachgegangen werden (Schmick[1])

In der Versuchsreihe Nr. 1 wurden die Oberstoffe von der Fa. rökona in Bezug auf ihre Far-  
bunterschiede untersucht. Die drei gewirkten Oberstoffe sind von ihren technischen Daten  
gesehen völlig identisch und nur farblich unterschiedlich. Die porös gehaltene Konstruktion  
der Gewirke deutet schon beim Durchschauen gegen die Sonne auf hohe Transmissions-  
werte hin.



**Abbildung 47: Oberstoffe rökona**

Die Oberstoffe Schwarz und Grau sind stückgefärbt, das heißt, dass die Gewirke erst nach  
dem Wirkprozess als ganzes Flächengebilde gefärbt wurden.

Beim dem leuchtend gelben Oberstoff handelt es sich um ein spinngefärbtes Textil. Hier  
werden den Fasern bereits während des Spinnprozesses Farbpigmente zugegeben und fest  
eingebaut. Die gelbe Farbe des Gewirks zeichnet sich durch ihre sehr hohe Farbsättigung  
aus. Die Farben für Leuchtextilien werden zusätzlich mit Nachleucht pigment versetzt, die  
dann nach Lichteinwirkung im Dunkel durch Phosphoreszenz nachleuchten.

Oberstoffe	UVA <sub>mittel</sub> ± S	UVB <sub>mittel</sub> ± S	UPF <sub>mittel</sub>	Schutzfaktor
Gelb	14,31 ± 0,9	12,7 ± 0,96	8	kein ausreichender Schutz
Schwarz	1,95 ± 0,13	1,89 ± 0,12	53,1	ausgezeichneter Schutz, 50+
Grau	8,23 ± 0,95	5,89 ± 0,42	15,7	guter Schutz, 15

**Tabelle 23: Bewertung der Oberstoffe**

Folglich lässt sich die Untersuchung anhand der entstandenen Transmissionswerte zusam-  
menfassen. Der Oberstoff Schwarz bietet nach der UPF-Bewertung den Schutzfaktor 50+  
„ausgezeichneter UV-Schutz“ (mit UPF=53,1) und einen niedrigen Transmissionswert von  
1,95 % im UV-A-Bereich sowie 1,89 % im UV-B-Bereich. Die schwarze Farbe des Oberstof-  
fes absorbiert bei jeder Wellenlänge fast vollständig die auf ihn treffende Strahlung. Die Far-  
be Schwarz absorbiert sämtliche Lichtfrequenzen und wandelt diese in Wärme um. Obwohl  
der Oberstoff Grau nach demselben Färbeverfahren wie Oberstoff Schwarz gefärbt wurde,

sind die Transmissionswerte bei ihm dennoch deutlich höher, somit liegt der Durchgang der schädigenden UV-A-Strahlen bei 8,23 % und der UV-B-Strahlen bei 5,89 %. Demnach bietet der graue Oberstoff nur den Schutzfaktor 15 „guter Schutz“.

Der leuchtend gelbe Oberstoff, der ein anderes Färbeverfahren, verglichen mit Schwarz und Grau, erfahren hat, hat den Schutzfaktor „kein ausreichender Schutz“ mit den hohen Durchgangswerten der alterungswirksamen UV-A-Strahlen von 14,31 % und UV-B-Strahlen 12,7 % (siehe Tabelle 23).

Das Fazit zu der Versuchsreihe Nr. 1 der farblich abgestuften Oberstoffe ist, dass allein die Farbgebung entscheidend für die Höhe der Transmissionswerte ist. Demzufolge lassen helle Oberstoffe grundsätzlich mehr an UV-Strahlen als Dunkle hindurch. Für die Schnittschutzhöhe bedeutet es, dass die Konfektionierung möglichst aus dunklen Oberstoffen als Alterungsabwehr gegen UV-Strahlung erfolgen soll.

Zur Verdeutlichung der UV-Transmission bei verschiedenen Wellenlängenbereichen für die geprüften Oberstoffe dient die Abbildung 48.

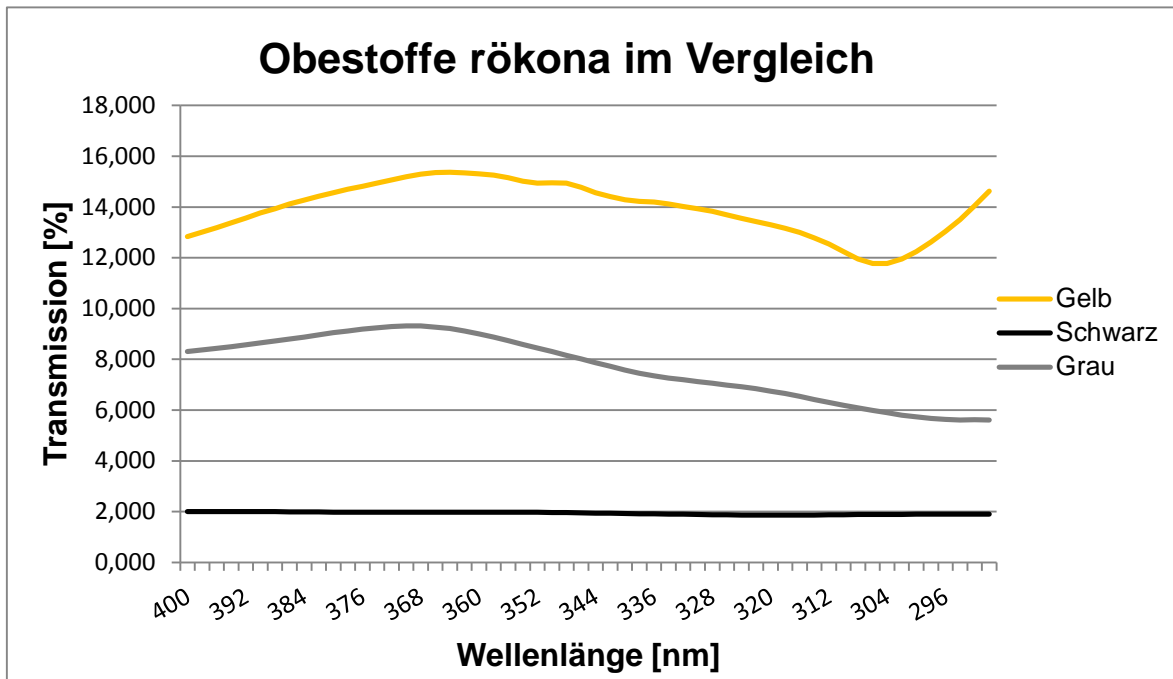


Abbildung 48: Transmissionswerte der Oberstoffe rökona

### 2.1.3.2 Versuchsreihe Nr. 2

Das Ziel dieser Versuchsreihe ist die Prüfung der Durchgangswerte von UV-Strahlen bei Oberstoffen im „normalen Zustand“ und im „gedehnten Zustand“. Dabei sollen die realistischen Trageverhältnisse der Schnittschutzhose im Kniebereich nachgestellt werden.



Abbildung 49: Oberstoffe von WEBATEX und Corporate Fabrics

Die Aufgabe dieser Versuchsreihe war es zu messen, wie sich die Transmissionswerte bei einem gedehnten Textil verändern, um Rückschlüsse auf die Alterung der Schnittschutzeinlagen führen zu können. Denn gerade im Kniebereich, wo der Oberstoff der Schnittschutzhose am meisten gedehnt wird und dort wo sich der Benutzer einer Motorkettensäge die meisten Verletzungen zuführt, sollte der Oberstoff die Schnittschutzeinlagen vor den alterungswirksamen UV-Strahlen schützen.

Die Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe der getesteten Oberstoffe von WEBATEX und Corporate Fabrics (Abbildung 49) zeigt folgende .:

Oberstoffe	UVA <sub>mittel</sub> ± S	UVB <sub>mittel</sub> ± S	UPF <sub>mittel</sub>	Schutzfaktor
Gelb ungedehnt	10,2 ± 3,24	6,27 ± 0,34	14,7	kein ausreichender Schutz
Gelb Dehnung 7%	12,47 ± 3,7	7,67 ± 0,39	12,1	kein ausreichender Schutz
Rot ungedehnt	0,24 ± 0,01	0,19 ± 0,01	424	ausgezeichneter Schutz, 50+
Rot Dehnung 7%	0,93 ± 0,04	0,74 ± 0,03	127	ausgezeichneter Schutz, 50+
Schwarz ungedehnt	-	-	-	ausgezeichneter Schutz, 50+
Schwarz Dehnung 7%	-	-	-	ausgezeichneter Schutz, 50+
Pink ungedehnt	-	-	-	ausgezeichneter Schutz, 50+
Pink Dehnung 7%	-	-	-	ausgezeichneter Schutz 50+

Tabelle 24: Bewertung der Oberstoffe gedehnt und ungedehnt

Die Oberstoffe Schwarz und Pink von Corporate Fabrics bieten einen „ausgezeichneten Schutz“, denn es wurden bei beiden Oberstoffen keine Transmissionen gemessen. Diese Gewebe sind sehr dicht gewebt und haben hohe Fadendichte sowie hohes Flächengewicht, sodass es zu völliger Abschirmung der UV-Strahlen auch im gedehnten Zustand kommt. Bei Schwarz war auf Grund der Farbe und der Gewebedichte dieses Ergebnis zu erwarten. Überraschenderweise konnten auch bei Pink keine UV-Transmissionen gemessen werden, obwohl die Farbe leuchtend und relativ hell ist. Die Oberstoffe Gelb und Rot dagegen, zeigten deutliche Unterschiede in den zwei Zuständen auf. Gelb weist im gedehnten und ungedehnten Zustand schlechten bzw. „keinen ausreichenden Schutzfaktor“ auf. Seine Transmissionswerte vom Zustand ungedehnt zu gedehnt verschlechtern sich um ca. 2 %. Der Oberstoff Rot hat im ungedehnten sowie im gedehnten Zustand den Schutzfaktor „ausgezeichneter Schutz“. Die Transmissionswerte liegen in beiden Fällen (UV-A und UV-B) unter 1 %. Jedoch zeigt der UPF einen großen Sprung von 427 im normalen Zustand auf 127 im gedehnten Zustand. Obzwar die Oberstoffe Gelb und Rot fast gleich sind, sieht man anhand der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** die stark voneinander abweichenden Transmissionswerte. Dieser Unterschied kommt allein auf Grund der unterschiedlichen Farben dieser Stoffe zustande.

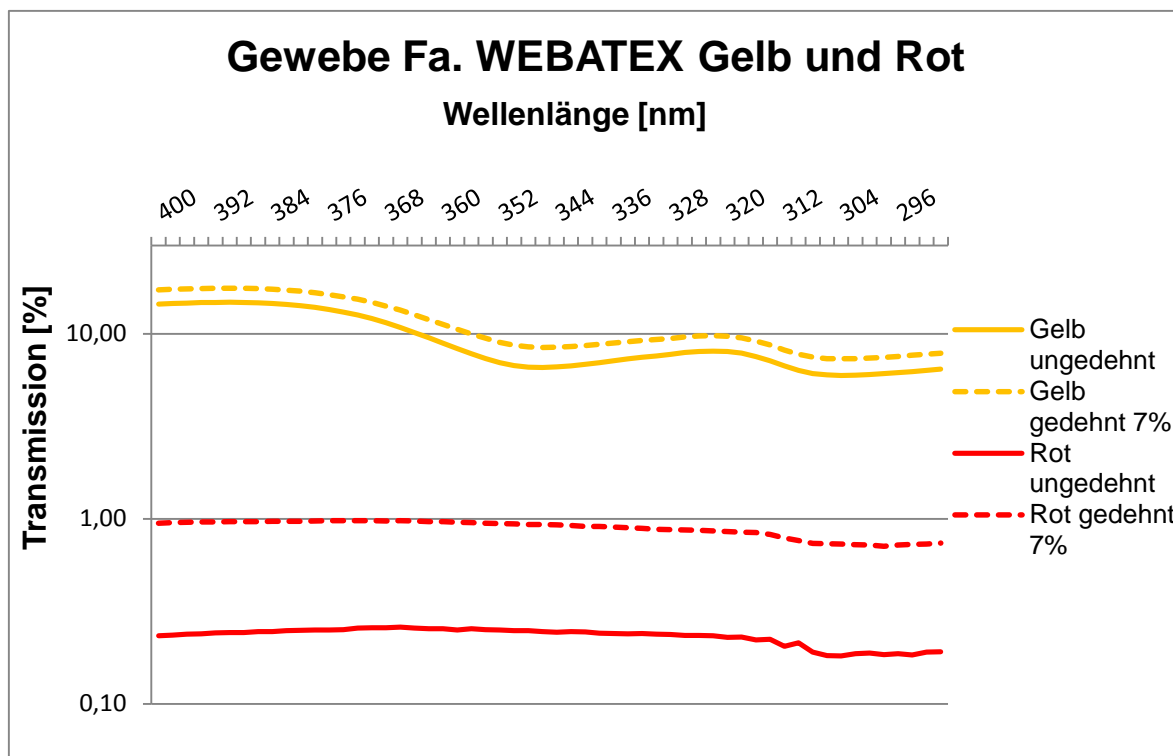


Abbildung 50: Transmissionswerte der Oberstoffe WEBATEX

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei den Versuchsreihen Nr. 1 und Nr. 2 die Oberstoffe mit leuchtend gelber Farbgebung in beiden Fällen keinen ausreichenden UV-Schutz bieten. Die Verwendung der gelben Oberstoffe ist in Bezug auf UV-Durchlässigkeit ungünstig, da die durchgehenden UV-Strahlen sich materialabbauend auf die Schnittschutzeinlagen auswirken. Folglich sollten die hellen bzw. leuchtenden Oberstoffe an der Schnittschutzhose nur im Maße als Warnfarbe und nicht über den Einlagen aufgebracht werden.

In einer weiteren Untersuchung wurde die Transmissionsrate und der UV-Schutz in Bezug auf die Häufigkeit des Waschens der Oberstoffe getestet. Hierfür standen folgende Stoffe zur Verfügung:

Fa Works:

- Mischgewebe 65% PES, 35% BW (Stoff A)
- Bistretch 90% PA, 10% EL (Stoff F)
- Beaver 70% PA, 30% BW (Stoff B)
- Mischgewebe 60% PES, 35% BW, 5% EL (geschätzt) (Stoff C)

Webatex:

52% Cordura, 48% EL, FC-Beschichtung Stoff D rot, Stoff E gelb

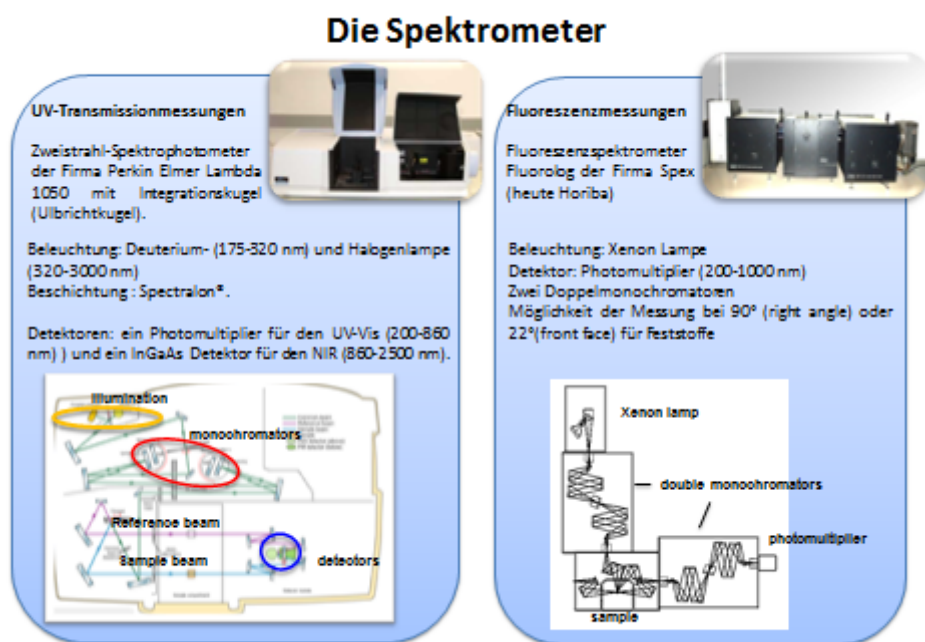


Abbildung 51 Spektrometer für die Messung der Transmissionsrate

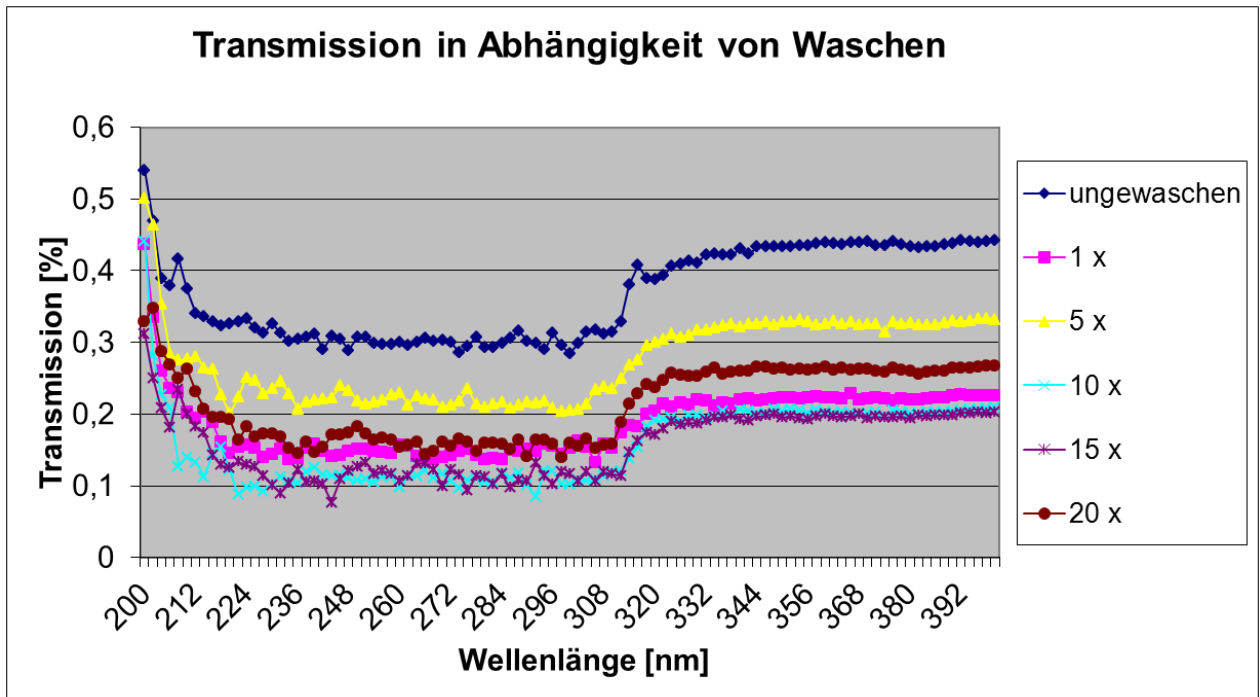


Abbildung 52: Transmissionsraten in Abhängigkeit von der Anzahl Waschungen Stoff A in Kettrichtung

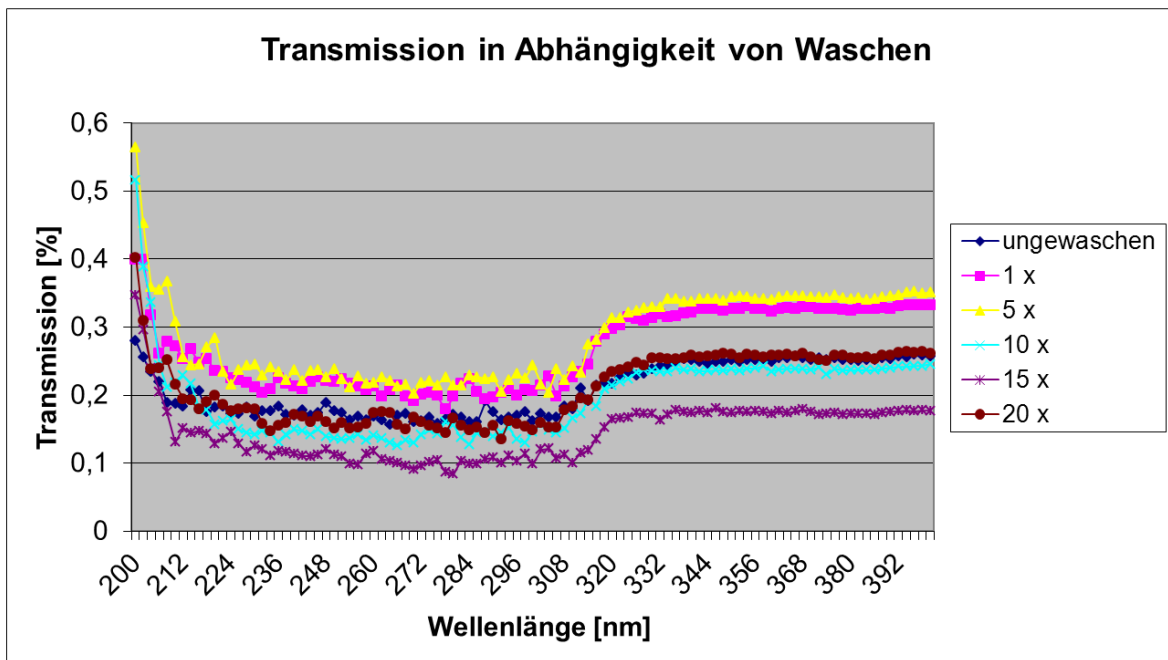


Abbildung 53: : Transmissionsraten in Abhängigkeit von der Anzahl Waschungen Stoff A in Schussrichtung

Nachfolgende Tabelle zeigt die UV-Schutzfaktoren der fünf Stoffe in ungewaschenem Zustand und nach unterschiedlicher Anzahl Waschungen.



Stoff	ungewaschen	1x	5x	10x	15x	20x
A	293,6	590,9	401,7	756,0	751,4	538,3
	522,5	415,9	395,7	580,7	801,9	537,8
B	6053,0	15481,1	6057,7	12332,2	13227,7	6848,7
	6299,6	7297,3	13996,0	5614,4	6460,4	9732,6
D	570,1	748,4	658,3	724,8	689,4	614,0
	597,6	570,7	631,9	605,4	628,4	608,5
E	14,3	19,7	19,0	17,2	17,2	16,1
	13,8	19,4	18,5	18,0	16,9	16,2
F	8541,8	23040,7	12708,5	14447,7	10921,6	16154,8
	8567,4	14361,4	17484,4	14127,5	13647,7	23743,1

Tabelle 25: Untersuchung unterschiedlicher Stoffe und Anzahl Waschungen

### 2.1.3.3 Untersuchung der Oberstoffe hinsichtlich Luftdurchlässigkeit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit (Schmick[1]) wurden die Messungen der Luftdurchlässigkeit an dem der Hochschule Reutlingen zur Verfügung stehenden Prüfgerät FX3300 der Fa. Textest Instruments durchgeführt. Die Prüffläche dieses Gerätes beträgt 20 cm<sup>2</sup>. Die für die Prüfungen eingestellte Druckdifferenz betrug 100 Pa bzw. 1 mbar. Diese Prüfbedingungen entsprechen den empfohlenen Prüfbedingungen gemäß DIN EN ISO 9237.

Die Proben für die Prüfung wurden aus vier verschiedenen Oberstoffen vorbereitet.

- Oberstoffe Schwarz und Pink des Herstellers Corporate Fabrics
- Oberstoffe Gelb und Rot des Herstellers WEBATEX

Von jedem Oberstoff wurden jeweils 5 Proben mit den Abmessungen 20 cm x 20 cm unter Beachtung einer entsprechenden Verteilung der Entnahmestellen herausgeschnitten. Der komplette Prüfaufbau (vor der Durchführung der Prüfung) ist in der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Vor der Prüfung wurden die Proben dem Nor-

malklima entsprechend DIN EN ISO 139 angepasst. Die Prüfergebnisse wurden für jede Probe in mm/s handschriftlich dokumentiert.

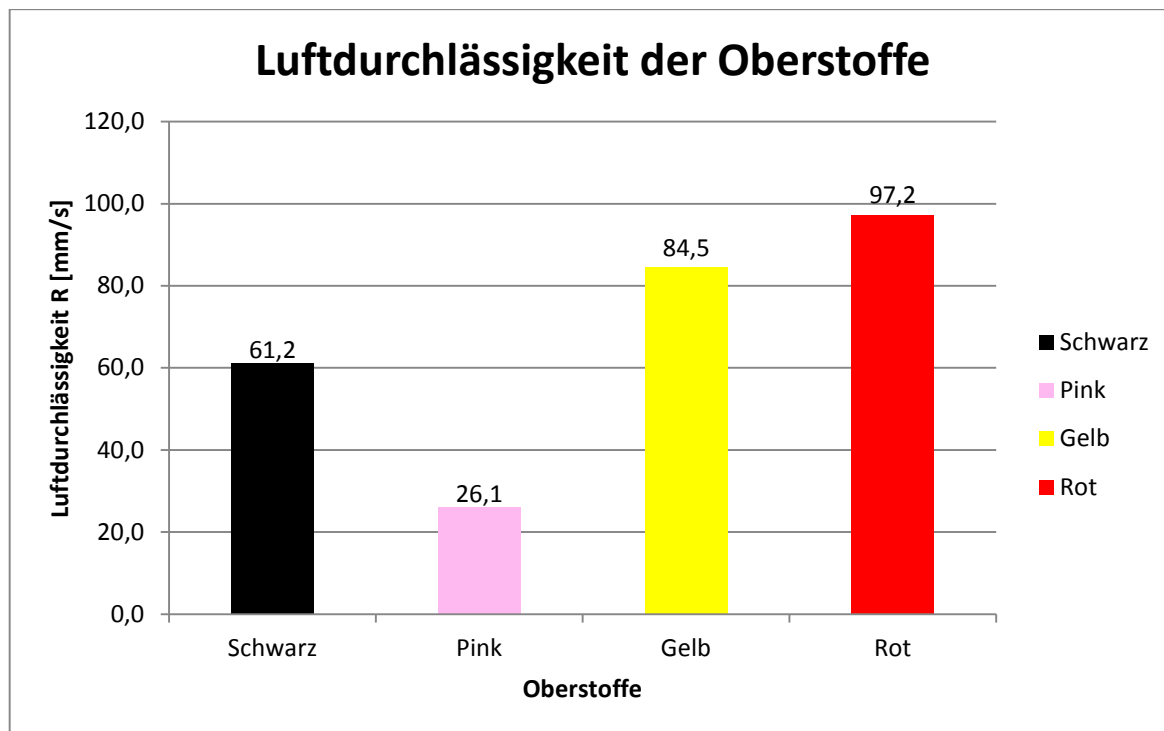


Abbildung 54: Luftdurchlässigkeit der geprüften Oberstoffe

Die Ergebnisse der beiden Oberstoffe von der Firma WEBATEX mit den Werten von 84,5 mm/s (Gelb) und 97,2 mm/s (Rot) liegen nah bei einander. Die Erklärung für die ähnlichen Ergebnisse liegt auf der Hand, denn die beiden Oberstoffe dieselben Materialzusammensetzung, Bindung bzw. Poren des Konstruktionsgebildes sowie Flächengewicht aufweisen. Den Unterschied zwischen den beiden Oberstoffen machen die Farbe und vermutlich auch die Färbebedingungen aus.



Abbildung 55: Oberstoffe: Rot und Gelb (WEBATEX), Schwarz und Pink (Corporate Fabrics)

Wie stark die tatsächliche Benetzung der Farbe auf den Textilien sich auf die Luftdurchlässigkeit auswirkt, lässt sich jedoch nur vage vermuten.

Oberstoffe	Luftdurchlässigkeit R [mm/s]					Mittelwert	arithmetisches Mittel des Luftstromes $\bar{q}_v$ [dm <sup>3</sup> /min= l/min]
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5		
Schwarz	61,3	60	62,7	59,4	62,5	<b>61,2</b>	<b>7,3</b>
Pink	26,1	26,2	25,9	26	26,1	<b>26,1</b>	<b>3,1</b>
Gelb	86,3	82,9	83,5	84,2	85,5	<b>84,5</b>	<b>10,1</b>
Rot	98,8	96,1	98,5	97,8	94,6	<b>97,2</b>	<b>11,6</b>

**Tabelle 26: Messergebnisse der Luftdurchlässigkeitsprüfung**

Die Norm DIN EN 342 gliedert die Luftdurchlässigkeit in Klassen ein. Dabei werden Anforderungen an die Wärmeisolierung des gesamten Bekleidungssystems einschließlich Unterbekleidung gestellt. In der genannten Norm wird die Luftdurchlässigkeit allerdings in AP statt R [mm/s] aufgeschlüsselt. Wie in der Tabelle 27 zu sehen ist, gibt es insgesamt 3 Klassen.

Die Klasse 1 bedeutet sehr hohe und die Klasse 3 niedrige Luftdurchlässigkeit. Die Klasse 3 bietet den höchsten Widerstand gegen die Windkühle. Den Ergebnissen nach liegen alle vier getesteten Oberstoffe mit den Werten von 26,1 mm/s bis 97,2 mm/s in der Klasse 2.

Luftdurchlässigkeit AP in mm/s	Klasse
100 < AP	1
5 < AP ≤ 100	2
AP ≤ 5	3

**Tabelle 27: Klassen der Luftdurchlässigkeit nach DIN EN 342**

In der Darstellung der Prüfergebnisse anhand des Diagramms sowie der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** lässt sich ganz klar erkennen, dass der Oberstoff Pink von Corporate Fabrics die niedrigste Luftdurchlässigkeit aufzeigt. Obwohl der Schwarze Oberstoff (ebenfalls von Corporate Fabrics) eine höhere Fadenzahl pro Zentimeter sowie höheres Flächengewicht aufweist, ist die Luftdurchlässigkeit bei ihm mit 61,2 mm/s um den Faktor ca. 2,4 höher. Es wird vermutet, dass es an der besseren Ausrüstung des Textils, der gewählten Garnart oder an der Bindung liegt. Bezüglich der Materialzusammensetzung besteht der Oberstoff Pink zu 63 % aus Baumwolle und nur 30 % aus Polyamid. Im Gegensatz dazu macht beim schwarzen Oberstoff Polyamid mit 48 % den größten Anteil aus, Viskose ist mit 47 % vertretbar.

### 2.1.3.4 Untersuchung der Oberstoffe hinsichtlich Wasserdichtheit

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Untersuchungen der Wasserdichtheit von Oberstoffen am Prüfgerät FX3000 Hydrotester III der Fa. Textest Instruments durchgeführt. Die Prüffläche des Gerätes beträgt entsprechend der Norm DIN EN 20811 100 cm<sup>2</sup>. Die Steigungsgeschwindigkeit des Wasserdruckes betrug bei der Durchführung der Versuche 20 mbar oder 20 cm Wassersäule/min. Die Angabe der letzteren Einheit ist nach der oben genannten Norm vorgegeben.

Die Proben für die Prüfung wurden aus vier verschiedenen Oberstoffen vorbereitet.

- Oberstoffe Schwarz und Pink des Herstellers Corporate Fabrics
- Oberstoffe Gelb und Rot des Herstellers WEBATEX

Von jedem Oberstoff wurden jeweils 4 Proben mit den Abmessungen 20 cm x 20 cm an verschiedenen Stellen des Flächengebildes herausgeschnitten.

Das oben genannte Prüfgerät FX3000 ist in der Abbildung 56 dargestellt. Vor der Prüfung wurden die Proben dem Normalklima entsprechend DIN EN ISO 139 angepasst.



Abbildung 56: Prüfgerät FX3000 Hydrotester III der Fa. Textest Instruments

Die Tabelle 28 zeigt, dass die Mittelwerte der Proben Rot und Gelb der Firma WEBATEX fast identisch sind. Das lässt sich auf Grund derselben Materialzusammensetzung, Bindung, Flächengewicht sowie Fadenzahl erklären. Die Oberstoffe Schwarz und Pink von Corporate Fabrics sind im Vergleich zu den andren Oberstoffen „wasserdichter“. Dies liegt an dem hohen Flächengewicht bzw. an der hohen Fadenzahl/cm.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die getesteten Oberstoffe nicht wasserdicht sind. Für die Konfektion der Schnitsschutzhosen, sind Oberstoffe mit sehr geringen Wassersäulenwerten ausreichend, die als „gebrauchsdicht“ bezeichnet werden. Betrachtet man den physiologischen Tragekomfort des Waldarbeiters, wäre mindestens eine wasserabweisende Ausrüstung, die zwar nur gegen Nieselregen hilft, nötig.

Proben	Hydrostatischer Wasserdruck bei Durchdringung an drei Stellen [mbar oder cm der Wassersäule]			
	Schwarz	Gelb	Pink	Rot
1	23,3	14,8	19,5	15,9
2	24,5	15,5	19,7	14,2
3	24,4	15,5	18,9	15,7
4	25,4	15,8	19,5	16,0
<b>Mittelwerte</b>	<b>24,4</b>	<b>15,4</b>	<b>19,4</b>	<b>15,5</b>

Tabelle 28: Widerstand von Oberstoffen gegen das Durchdringen von Wasser

Um eine Schnittschutzhose möglichst wasserdicht zu gestalten, wären eine Beschichtung des Materials sowie verschweißte Nähte notwendig. Allerdings wäre so ein Zusatz ein hoher zusätzlicher Kostenfaktor für den Hersteller. Hinsichtlich des Tragekomforts ist eine hohe Wasserdichtheit jedoch schädlich, da dann auch kein Schweiß entweichen kann. Eine Überlegung wäre es, die Schnittschutzhose nur partiell in den Knie- und Hinterbein-Bereichen zu beschichten.

#### 2.1.3.5 Untersuchung der Oberstoffe hinsichtlich Öldurchlässigkeit (Dobler[2])

Die Prüfung der Durchlässigkeit von Kettenöl wird ähnlich wie das Verfahren zur Bestimmung der Wasserdichtheit durchgeführt. Im Gegensatz zum stetig steigend Wasserdruck bei der Wasserdichtheitsprüfung, wird bei der Prüfung der Durchlässigkeit von Kettenöl jedoch ein konstanter Druck verwendet. Da das Kettenöl das Prüfgerät schädigen würden, kann die Prüfung nicht am Hydrotester durchgeführt werden.

Deshalb wird analog zum „Muldenversuch“<sup>12</sup> verfahren. Dabei wird die Probe in einer Halterung befestigt. Die Befestigung erfolgt auf die Weise, dass die Probe durchhängt und eine Mulde bildet. In diese Mulde wird Kettenöl eingefüllt. Das Gewicht des Kettenöls erzeugt einen konstanten Druck auf den Oberstoff.

Mit diesem Versuch kann sowohl die Dichtheit als auch Durchlässigkeit bezüglich Kettenöl getestet werden.

Bevor mit der Prüfung begonnen werden kann, werden die Halterungen für die Oberstoffe angefertigt. Dazu werden vier Plastikschaalen mit passendem Deckel verwendet. In die Deckel wird jeweils eine Aussparung mit einem Durchmesser von 12 cm geschnitten. Die fertige Halterung ist in der Abbildung zu sehen.

<sup>12</sup> Vgl. Reumann, R.-D., 2000, S. 484 f.



**Abbildung 57: Probenhalterung**

Anschließend wird von acht verschiedenen Oberstoffen jeweils eine Probe mit einer Größe von 20 cm x 20 cm ausgeschnitten. Diese werden an das Normklima angeglichen. Außerdem wird das Gewicht der Proben gemessen, um später eine eventuelle Ölaufnahme nachzuweisen.

Die Proben werden mittig auf den Schalen platziert und die Deckel darüber gelegt. Damit die Proben eine Mulde bilden, werden diese leicht eingedrückt und in diesem Zustand mittels Wäscheklammern befestigt. Anschließend wird jeweils 100 ml Öl in die Mulde eingefüllt.

Die Abbildungen zeigen den fertigen Versuchsaufbau.



**Abbildung 58: Versuchsaufbau ohne Kettenöl**

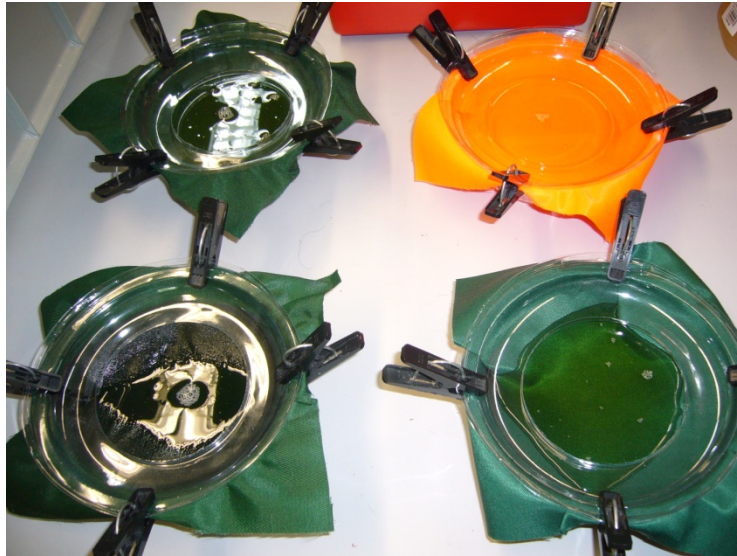


Abbildung 59: Versuchsaufbau mit Kettenöl

„Die Wasserdurchlässigkeit wird durch die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit durch das Flächengebilde hindurch gelaufen ist, angegeben. (Reumann)<sup>13</sup>“

Diese Art der Wasserdurchlässigkeitsangabe wird auf die Durchlässigkeit von Kettenöl übertragen.

Bei den Oberstoffen Grün (gebrauchte Hose) und Hellgrau (Stihl) ist nach Einfüllen des Kettenöls in die Mulde eine sofortige Tropfenbildung an der Unterseite der Mulde zu erkennen. Nach nur fünf Minuten ist ca. die Hälfte der 100 ml Kettenöl durchgelaufen. Nach ca. 40 weiteren Minuten ist das restliche Öl ebenfalls durch die beiden Oberstoffe hindurch getreten.

Beide Stoffe werden aus der Halterung entfernt und gewogen:

Oberstoff	Gewicht vorher [g]	Gewicht nacher [g]	Ölaufnahme [%]
Grün (gebrauchte Hose)	9,7	13,1	35
Hellgrau (Stihl)	10,1	14,4	43

Tabelle 29: Ölaufnahme

Die sofortige Tropfenbildung an der Unterseite der Mulde zeigt, dass die beiden Oberstoffe Grün (gebrauchte Hose) und Hellgrau (Stihl) eine sehr hohe Kettenöldurchlässigkeit besitzen. Beide Oberstoffe nehmen Öl auf (35% bzw. 43%), lassen den Großteil jedoch hindurch laufen. Im Falle eines Verschüttens von Kettenöl würde das bei einer Schnittschutzhose aus diesen Materialien bedeuten, dass das Kettenöl sofort in Kontakt mit der Schnittschutzeinlage kommt.

Bei den restlichen Oberstoffen konnte keine Durchlässigkeit festgestellt werden. Die Proben wurden mit dem Kettenöl für einen Monat in der Halterung belassen. Es zeigten sich keiner-

<sup>13</sup> Reumann, R.-D., 2000, S. 484

lei Tropfen auf der Unterseite der Mulden. Nach Entnahme der Proben aus der Halterung war die Unterseite der übrigen Oberstoffe völlig trocken. Demnach besitzen diese Oberstoffe keine Durchlässigkeit für Kettenöl. Inwiefern die Kettenöldichtheit sich bei den verschiedenen Oberstoffen unterscheidet, kann mit diesem Versuch jedoch nicht bestimmt werden.

Weiterhin muss erwähnt werden, dass der durch das Gewicht des Kettenöls aufgebaute Druck sehr gering ist und daher nicht mit den Drücken der Wasserdichtheitsprüfung vergleichbar ist. Die Kettenöldichtheit kann dementsprechend nur für leichte Druckbedingungen bestätigt werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass Oberstoffe ohne abweisende Ausrüstung oder Beschichtung eine sehr hohe Kettenöldurchlässigkeit besitzen. Die anderen getesteten Oberstoffe schneiden deutlich besser ab. Sie lassen keinerlei Öl durch.

Dieses Ergebnis lässt sich vermutlich auch auf die Durchlässigkeit von Kraftstoff und Harz übertragen. Um diese Vermutung jedoch zu bestätigen, müsste die Prüfung ebenfalls mit Kraftstoff und Harz durchgeführt werden.

Dennoch sollten die Ergebnisse kritisch betrachtet werden, da bei diesem Versuch keine konstanten Versuchsbedingungen möglich sind. Durch unterschiedliche Ausbildungen der Muldenform, sind unterschiedliche Druckverhältnisse auf die Probe möglich.<sup>14</sup>

#### **2.1.3.6 Einsatz von alternativen Materialien**

Bereits zu Beginn des Projekts entstand die Idee, neben den Untersuchungen des vorhandenen Schnittschutzmaterials nach alternativen Materialien zu suchen. Ein Hauptpunkt bei der Optimierung von Schnittschutzhosen ist die Reduzierung der Schnittschutzeinlagen zur Reduzierung des Gewichts. Daher wurde untersucht, inwieweit sich alternative Materialien finden lassen, die dafür geeignet sind.

Diese Untersuchungen fanden in 3 Serien statt:

Serie 1: 03/2011 – 08/2011 / Projektmonat 9 - 14

Serie 2: 10/2011 – 02/2012 / Projektmonat 16 - 20

Serie 3: 03/2012 – 06/2012 / Projektmonat 21 - 24

Der Fokus dieser Untersuchungen liegt auf dem aromatischen Polyamid (Aramid), welches 1965 von der Firma DuPont entdeckt wurde. Die Faser besitzt eine hohe gewichtsspezifische Festigkeit, welche die der im Moment eingesetzten Chemiefasern bei Weitem übertrifft.

Lediglich Dyneema hat eine noch höhere spezifische Festigkeit als Aramid, ist allerdings mit einem Selbstkostenpreis von 80 – 90 €/kg in etwa doppelt bis dreifach so teuer, was einen entscheidenden Nachteil darstellt. Die Schnitffestigkeit von p-Aramid wie Kevlar oder Twaron bleibt zudem unübertroffen, weshalb sich das Material hervorragend als Schnittschutzeinlage eignen sollte.

---

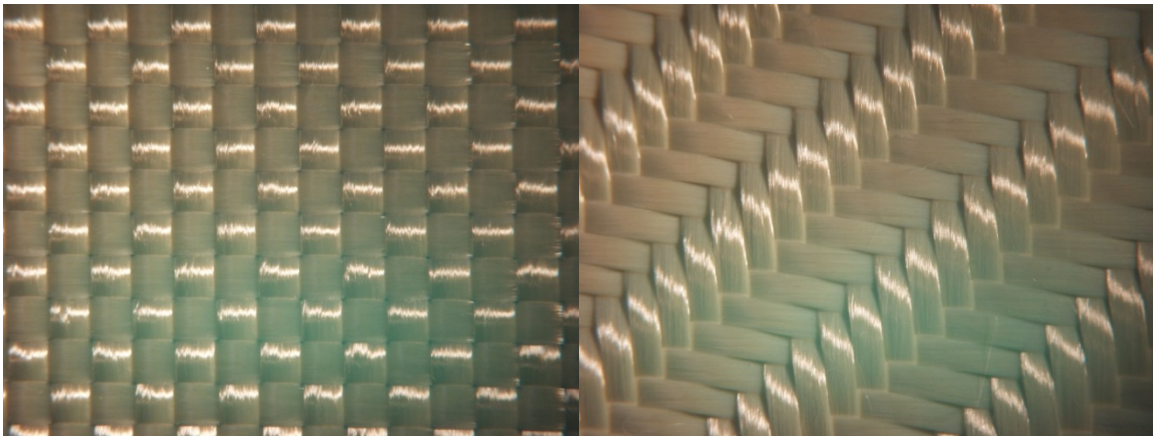
<sup>14</sup> Vgl. Reumann, R.-D., 2000, S. 484



**Serie 1 und Serie 2:**

Für die Untersuchungen wurden von der Firma Teijin unterschiedliche Twaron-Gewebe, von der Firma Fuchshuber ein frottierartiges Kevlar/Polyethylen-Rundgestrick und von der Firma Karl Mayer Kettengewirke zur Verfügung gestellt. Die Materialien wurden in Kombination mit Lagen aus konventionellen Schnittschutzeinlagen, einem PP/PES-Rundgestrick mit Schusseintrag des finnischen Strickwarenherstellers Orneule hergestellt.

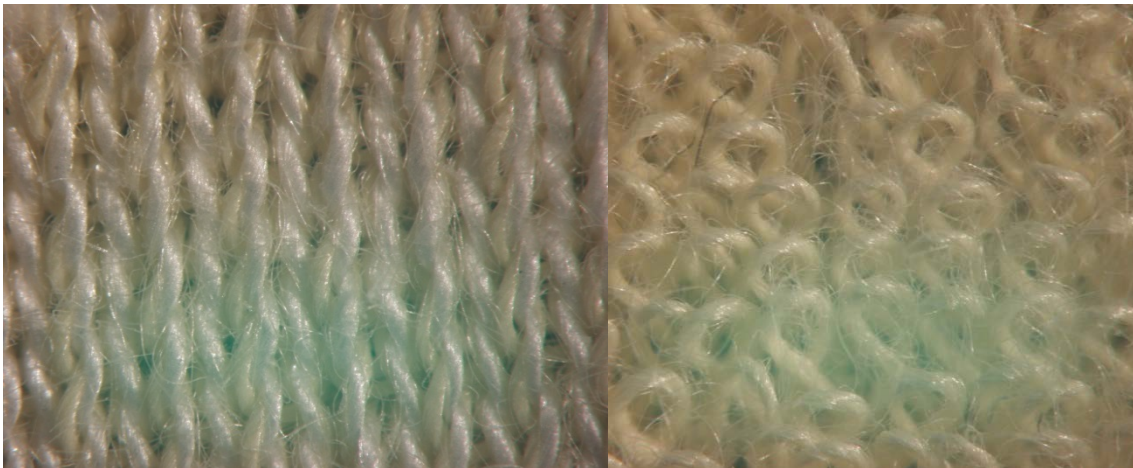
Die Gewebe der Fa. Tejin



**Abbildung 60 Twaron-Gewebe Leinwand 1/1**

**Abbildung 61 Twaron-Gewebe Köper 4/4**

Gestricke der Fa.Fuchshuber



**Abbildung 62 Rechte Wareseite Kevlar/PE-Gestrick**

**Abbildung 63 Linke Wareseite Kevlar/PE-Gestrick**

Gewirke der Fa. Karl Mayer

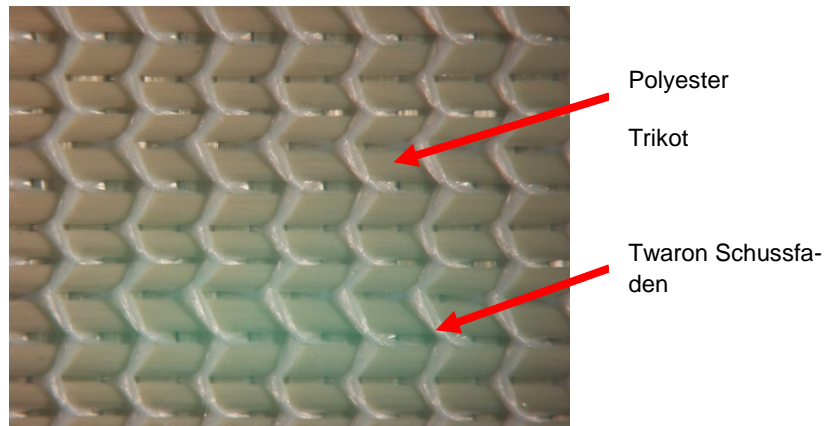


Abbildung 64 Rechte Wareseite Twaron-Gewirke

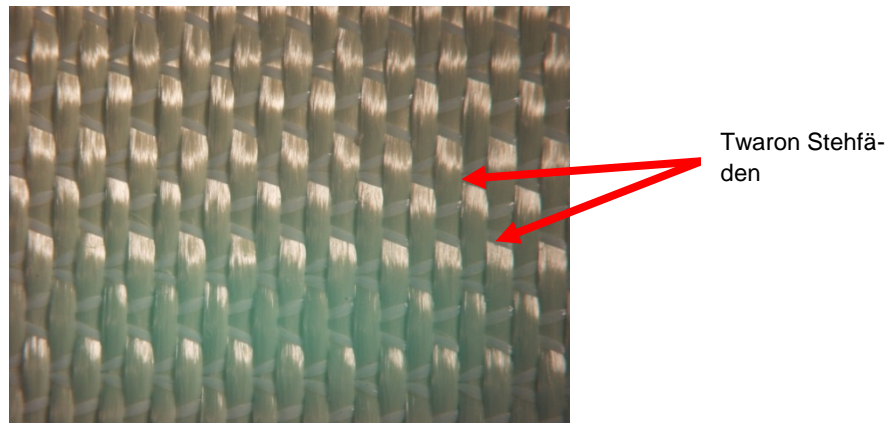


Abbildung 65 Linke Wareseite Twaron-Gewirke

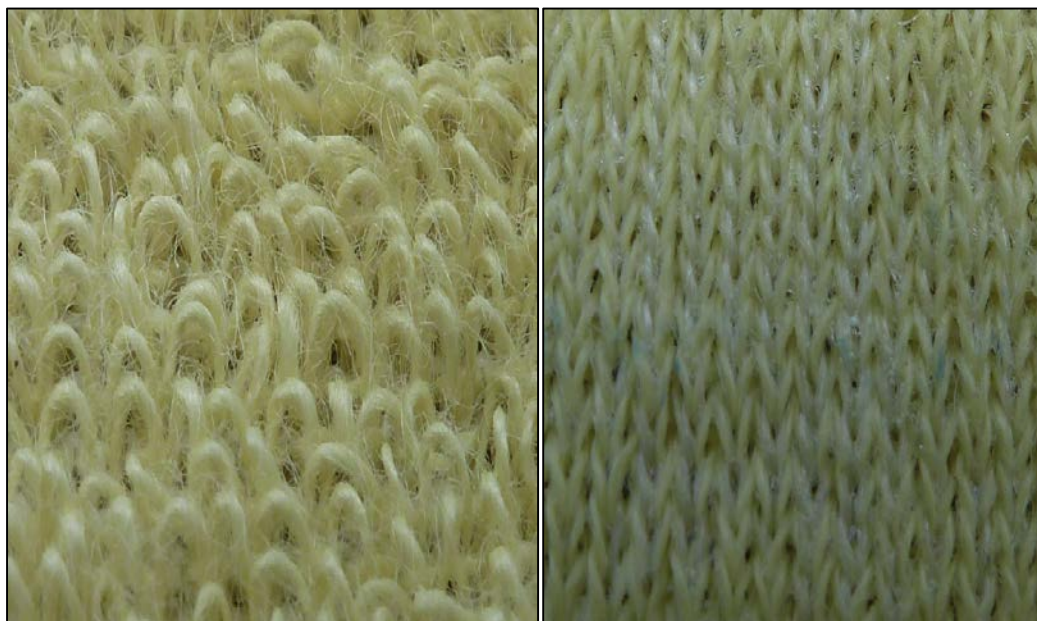
In Serie 2 wurde neben den in Serie 1 eingesetzten Aramiden auch ein Material eingesetzt, das für die Sportart Short Track als Unterwäsche benutzt wird. Das Short Track-Material besteht insgesamt aus drei verschiedenen Komponenten (siehe Tabelle 30 **Daten Short Track-Material**).

**Tabelle 30** Daten Short Track-Material

Material	Feinheit [Nm]	Bindung	Maschen- reihen [pro cm]	Maschen- stäbchen [pro cm]	Flächen- gewicht [g/m <sup>2</sup> ]
47 % Dyneema (PE) = Außenseite	60/1	Interlock RR	12	14	360 +/- 5%
47 % Coolmax Fresh FX (PES) = Innenseite	70/1				
6 % Elasthan					

**Serie 3:**

In Serie 3 wurde der Kevlar®-Schlingenplüsch der Firma Hero eingesetzt. Bei diesem Schutztextil ist eine Fasermischung von 70% Kevlar®/ 30% Polyester zu einem Gestrick in Schlingenplüschbindung verarbeitet. Die flächenbezogene Masse beträgt 500 g/m<sup>2</sup>. Diese Ware kann auf einer speziell dafür ausgerüsteten RL-Rundstrickmaschine gefertigt werden.<sup>15</sup>



**Abbildung 66:** Hero Kevlar®-Schlingenplüsch, rechte Wareseite

**Abbildung 67:** Hero Kevlar®-Schlingenplüsch, linke Wareseite

<sup>15</sup> Vgl. Ünal, A. (2011): Technische Textilien/ Technische Maschenwaren

**Ergebnisse:**

**Serie 1:**

Pad	Zusammensetzung	Ergebnis
1	PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90° Twaron-Gewebe CT 747, Fadenverlauf in +45°/-45°-Richtung Twaron-Gewebe CT 747, Fadenverlauf in 0°/90°-Richtung	Nicht bestanden
2	PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90° PP/PES-Rundgestrick 0° Twaron-Gewebe T 760, Fadenverlauf in 0°/90°-Richtung	Nicht bestanden
3	PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90° PP/PES-Rundgestrick 0° Twaron-Gewebe CT 747, Fadenverlauf in 0°/90°-Richtung	Nicht bestanden
4	PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90° Twaron/PES-Kettengewirke mit parallelem Schusseintrag, Fadenverlauf in 0°/90°-Richtung Twaron/PES-Kettengewirke mit parallelem Schusseintrag, Fadenverlauf in 0°/90°-Richtung	Nicht bestanden
5	PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90° Twaron/PES-Kettengewirke mit parallelem Schusseintrag, Fadenverlauf in 0°/90°-Richtung Twaron/PES-Kettengewirke mit parallelem Schusseintrag, Fadenverlauf in +45°/-45°-Richtung	Nicht bestanden
6	PP/PES-Rundgestrick 0°	Nicht bestanden

	PP/PES-Rundgestrick 90° PP/PES-Rundgestrick 0° Kevlar/PE-Rundgestrick mit glatter Seite (Körperseite) und Polseite	
7	Referenzpad: PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90° PP/PES-Rundgestrick 0° PP/PES-Rundgestrick 90°	Nicht bestanden

**Tabelle 31: Ergebnisse Serie 1 Versuche mit Aramid**

**Serie 2:**

Pads	Zusammensetzung	Ergebnis
1	Oberstoff Twaron Gewebe Leinwand 1/1 Engtex 6-lagig Futter	Nicht bestanden
2	Oberstoff Twaron Gewebe Köper 4/4 Engtex 6-lagig Futter	Bestanden
3	Oberstoff Kevlar/PE Rundgestrick Engtex 6-lagig Futter	Bestanden
4	Oberstoff Twaron/PES Kettengewirk Engtex 6-lagig Futter	Nicht bestanden
5	Oberstoff „Short Track“ 1-lagig Engtex 6-lagig Futter	Bestanden
6	Oberstoff „Short Track“ 6-lagig Futter	Bestanden

**Tabelle 32: Ergebnisse Serie 2 Versuche mit Aramid und Dyneema**

**Serie 3:**

Pad	Zusammensetzung	Ergebnis
1	<b>Referenzpad</b> Oberstoff Engtex 041 6-lagig Futterstoff	Bestanden
1	<b>Kevlar oben liegend:</b> Oberstoff	Bestanden

	Hero Kevlar®-Gestrick Engtex 041 4-lagig Futterstoff	
1	<b>Kevlar unten liegend</b> Webatex Oberstoff Engtex 041 4-lagig Hero Kevlar®-Gestrick Futterstoff	Bestanden

**Tabelle 33: Ergebnisse Serie 3 Versuche mit Aramid**

Fazit:

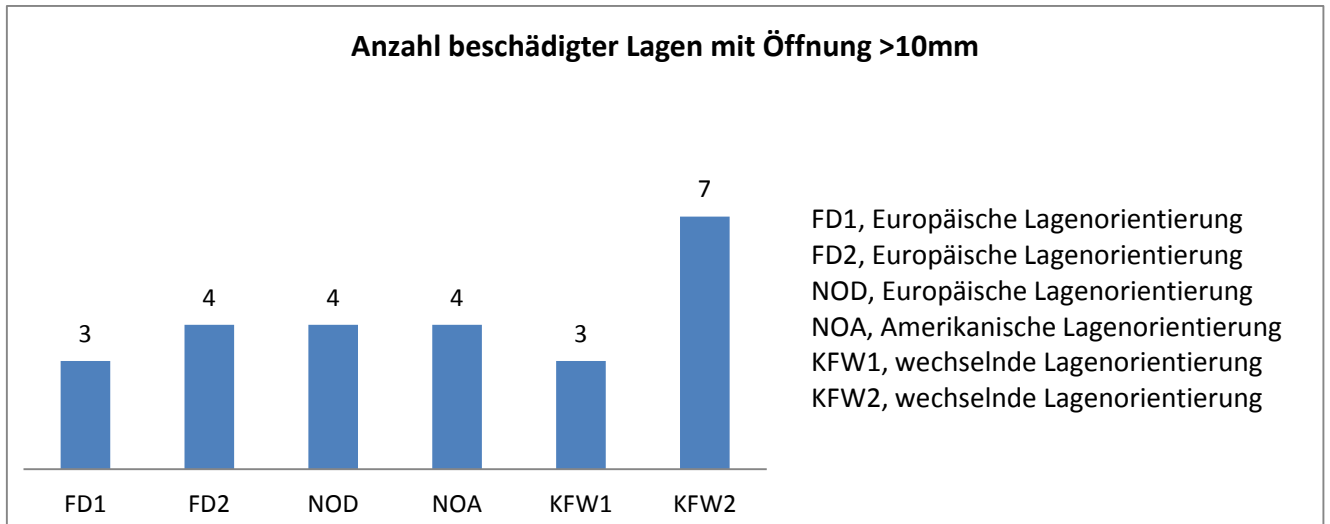
Auf Grund der mit alternativen Materialien erzielten Ergebnisse ergab es sich, dass Vorteile, die aus dem Einsatz dieser Materialien resultieren wieder aufgehoben werden, da sie im allgemeinen ein höheres Flächengewicht haben. Aber es stellt sich die Frage, ob eine Verbesserung des Oberstoffes weniger bezüglich seiner Schutzwirkung gegenüber den Schnittschutzmaterialien sondern eher als Schnittschutz an sich sinnvoll wäre. Könnte der Oberstoff bereits ein Abbremsen der Kette bewirken, ehe das Schnittschutzmaterial das Ritzel der Kette verstopft, würde dies eine höhere Sicherheit gewährleisten. Aus diesen Überlegungen heraus wurden, wie im Arbeitspaket 5 beschrieben, zwei neue Hosen am linken Hosenbein mit einem Beleg aus Kevlargewebe versehen. Vergleichende Schnitte von Pads mit und ohne Kevlarverstärkung auf den Prüfständen haben eine erhöhte Schutzwirkung bestätigt. (siehe Abschnitt 2.1.5.3.4).

### **2.1.3.7 Auswirkung unterschiedliche Richtungslegung (Fadenlauf) der Schnittschutzeinlagen im Verbund**

Der Hersteller der Schnittschutzeinlage, die Firma Engtex, schreibt für Europa die Anordnung mit den schutzwirkenden Schussfäden in Querrichtung vor, für die USA aber in Längsrichtung. Tatsächlich ist es so, dass die Prüfverfahren in Europa und den USA unterschiedlich sind, so dass auch unterschiedliche Vorschriften sinnvoll erscheinen. Allerdings konnte mit der Fa. Engtex leider nicht geklärt werden, wie die für Europa und USA unterschiedlichen Empfehlungen entstanden sind.

Daher erschien es sinnvoll, hinsichtlich dieser Fragestellung Untersuchungen anzustellen. Untersucht wurde, welchen Einfluss die Anordnung der Schnittschutzeinlage auf die Schnittsicherheit hat.

Somit wurden 2 Pads entsprechend den Vorschriften für Europa mit einem Doppelstepstich vernäht (FD1, FD2) und je 1 Lagenpaket entsprechend den europäischen Vorschriften (NOD) und 1 Lagenpaket entsprechend denen der USA (NOA) mit einem Überwendlichstich angefertigt. Zudem wurden 2 Pads angefertigt, bei denen die Anordnung pro Lage um 90° gedreht wurde, also nur jede 2. Lage in Quer- bzw. Längsrichtung war (KFW1, KFW2).



**Abbildung 68: Vergleich der Schnittöffnungen bei unterschiedlicher Lagenorientierung der Schnittschutzeinlage**

Der Vergleich der Richtungsänderungen der Schnittschutzeinlagen zeigt keine eindeutige Aussage, welche Richtung die Schussfäden haben sollen. Sowohl die Lagenpaket FD1, FD2 und NOD (Schussfäden in Querrichtung) als auch das Lagenpaket NOA (Schussfäden in Längsrichtung) haben den Schnitttest eindeutig bestanden. Das Ergebnis der beiden Lagenpakete mit wechselnden Richtungen mit einmal 3 und einmal 7 durchtrennten Lagen zeigt keinen Hinweis, ob diese Verarbeitung eine Option darstellen könnte.

#### 2.1.4 **Arbeitspaket 4:** Test der Alterungsstabilität der gefundenen Materialien und Festlegung eines neuen Altersrahmens

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Die bisher durchgeführten Versuchsreihen deuten auf geringe Schädigungen des Schnittschutzmaterials hin. Insofern soll das Arbeitspaket 4 für die weitere Projektbearbeitung dahingehend interpretiert werden, dass nicht ein Altersrahmen für neu gefundene Materialien entwickelt wird, sondern dass ein Altersrahmen für die aktuellen, derzeit auf dem Markt befindlichen Schnittschutzhosen definiert wird. Der im Jahr 2001 von WICHMANN definierte Nutzungszeitraum von 18 Monaten erscheint vor dem Hintergrund der bisher durchgeführten Versuchsreihe für die meisten der derzeit auf dem Markt befindlichen Produkte nicht mehr gültig zu sein. Hier soll zur Aufklärung der Anwender von Motorsägen ein neuer Altersrahmen gefunden werden, innerhalb dessen eine vollständig vorhandene Schnittsicherheit der Schnittschutzhosen erwartet werden kann.

### 2.1.5 **Arbeitspaket 5:** Entwicklung von neuen Schnitten und technischen Maßnahmen zur Verbesserung von Funktionalität und Optik

Verantwortlichkeit: Hochschule Reutlingen

Gemäß Projektantrag waren die Ziele und Teilergebnisse dieses Arbeitspakets wie folgt:

#### **„Ziele und Teilergebnisse Arbeitspaket 5**

- Gestaltung der Schnitte inkl. der Nahtverläufe entsprechend den Anforderungen bez. Tragekomfort.
- Gestaltung eines Schnittmusters, welches das Verdrehen der Hose und damit verhindert, dass der ungeschützte Bereich der Schnittschutzhose bei einem Kontakt mit der Motorsägenkette nach vorne gelangt
- Entwicklung technischer Maßnahmen, welche verhindern, dass die Kette der Motorsäge an dem Schnittschutzmaterial entlang gleitet und die Schnittschutzhose verdreht und den ungeschützten Bereich nach vorne bewegt
- Entwicklung optimaler Nahtkonstruktionen für die Vernähung der Schnittschutzeinlagen in sich (mehrere Lagen miteinander) und der Verbindung des Lagenpakets mit Oberstoff und Futter. Zugleich Entwicklung einer Vereinfachung der Konfektionierbarkeit der Schnittschutzeinlage.
- Entwicklung einer Austauschmöglichkeit der Schnittschutzes je nach Anforderung/Gefahrenstufe
- Optimierte Schnittschutzhosen für erneute Tests<sup>16</sup>

Arbeitspaket 5 wurde im Wintersemester 2010/11 mit der Untersuchung der Nahtkonstruktionen begonnen. Diese Arbeiten wurden an der Musterhose der Fa. Thurner durchgeführt. Einerseits wurde ein Schnittmuster entwickelt, das als Basis für spätere Arbeiten diente (s.u.). Andererseits wurden eingehende Untersuchungen hinsichtlich Nahtquerreifestigkeit und Nahtlngsdehnfhigkeit in Kombination mit unterschiedlichen Garnen und Nähten untersucht.

Eine Untersuchung des erforderlichen Kraftaufwandes um einzelne Garne aus dem Verbund der Schnittschutzeinlage zu ziehen erfolgte im Zeitraum Projektmonat 16 – 19.

Vom Hersteller des Schnittschutzmaterials Engtex konnte keine genaue Aussage erhalten werden, welche Stichtypen und Stichweiten für die Vernähung der Schnittschutzeinlagen verwendet werden sollen. Ebenso war es nicht möglich, von Hosenherstellern hierzu Infor-

---

<sup>16</sup> Quelle: Wiederholungsantrag „ESiMoVA“ Programm FHprofUnt, Förderrunde 2010



mationen zu bekommen. Bei der Konfektion der Testpads in Arbeitspaket 1 zeigte es sich bereits, dass verschiedene Festigkeiten der Nähte unterschiedliche Ergebnisse zur Folge haben können. Versuche zeigten allerdings auch, dass es praktisch unmöglich ist, mit Nähten eine absolute Festigkeit zu erreichen, da immer einzelne Fäden nicht vollständig von den Stichen erfasst werden. Daraus entstand die Idee, hierzu weitere Untersuchungen durchzuführen in der Form, dass verschieden feste Verbindungen getestet werden sollen. Um bei den festen Verbindungen eine absolute Festigkeit zu erreichen, wurden anstelle von Nähten Verklebungen verwendet. Diese Untersuchung fanden im Zeitraum Projektmonat 21 – 24 statt.

Ab 01.04.2012 arbeitete eine Mitarbeiterin in 50% bis 30.06.2013 an der Thematik Erstellung von neuen Schnitten und Verbesserung der Funktionalität und Optik.

Für die Entwicklung neuer Hosen wurden insgesamt 18 Hosen entwickelt und produziert. Hierzu gehörte die Grundschnittentwicklung, die Modellentwicklung und die Gradierung für die verschiedenen Konfektionsgrößen. Zuschnitt, Konfektion und Produktion erfolgte ebenso durch die im Projekt angestellte Mitarbeiterin in den bekleidungstechnischen Laboren der Fakultät Textil & Design. Die Produktionsbedingungen entsprechen hier denen einer Maßschneiderei, nicht denen einer industriellen Produktion.

10 Hosen wurden an Testpersonen zum Probetragen ausgegeben. Jeweils 4 Hosen aus Serie 1 und Serie 2 sowie die 2 Maßhosen.

**Tabelle 34: produzierte Hosen**

<b>Zeitraum</b>	<b>Hosen</b>
04/2012 – 06/2012 / Projektmonat 22-24	Schnittentwicklung, Produktion eines Prototypen
07/2012 – 09/2012 / Projektmonat 25-27	1. Serie: Gradierung in unterschiedliche Größen Produktion 4 Hosen (S,M,L,XL)
10/2012 - 12.2012 / Projektmonat 28-30	Überarbeitung und Schnittoptimierung, Produktion von 4 unterschiedlichen Hosen
01/2013 -03/2013 / Projektmonat 31-33	2. Serie: Aufgrund der Auswertung Fragebögen Veränderung der Schnitte gemäß den Anforderungen, Einsatz des verbreiterten Schnittschutzes Hosen mit Oberschenkelpad Produktion 4 neue Hosen Produktion Messehose Messe Texprozess in Frankfurt. Zusätzliche Tätigkeiten: Produktion von 100 Pads für die Kalibrierung des Prüfstandes der Hochschule Rottenburg.
04/2013 -06/2013 / Projektmonat 24-36	Entwicklung Schnitte für Maßhosen für 2 unterschiedliche Personen Produktion 2 Maßhosen Entwicklung und Produktion einer reparaturfreundlichen Hose Entwicklung und Produktion einer Sommerhose Entwicklung Zubehörtaschen Entwicklung Schnitt für eine Hose für Frauen

Entsprechend den im Projektantrag für Arbeitspaket 5 formulierten Zielen (s.o.) und ausgehend von einer Untersuchung der Hochschule Rottenburg, die im Jahr 2008 stattfand (Stark) sowie der im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchgeführten Bachelorthesis (Pum) wurden die Arbeiten im Arbeitspaket 5 ausgeführt. Die folgende Abbildung sowie Abbildung 45 zeigen nochmals die Ergebnisse.

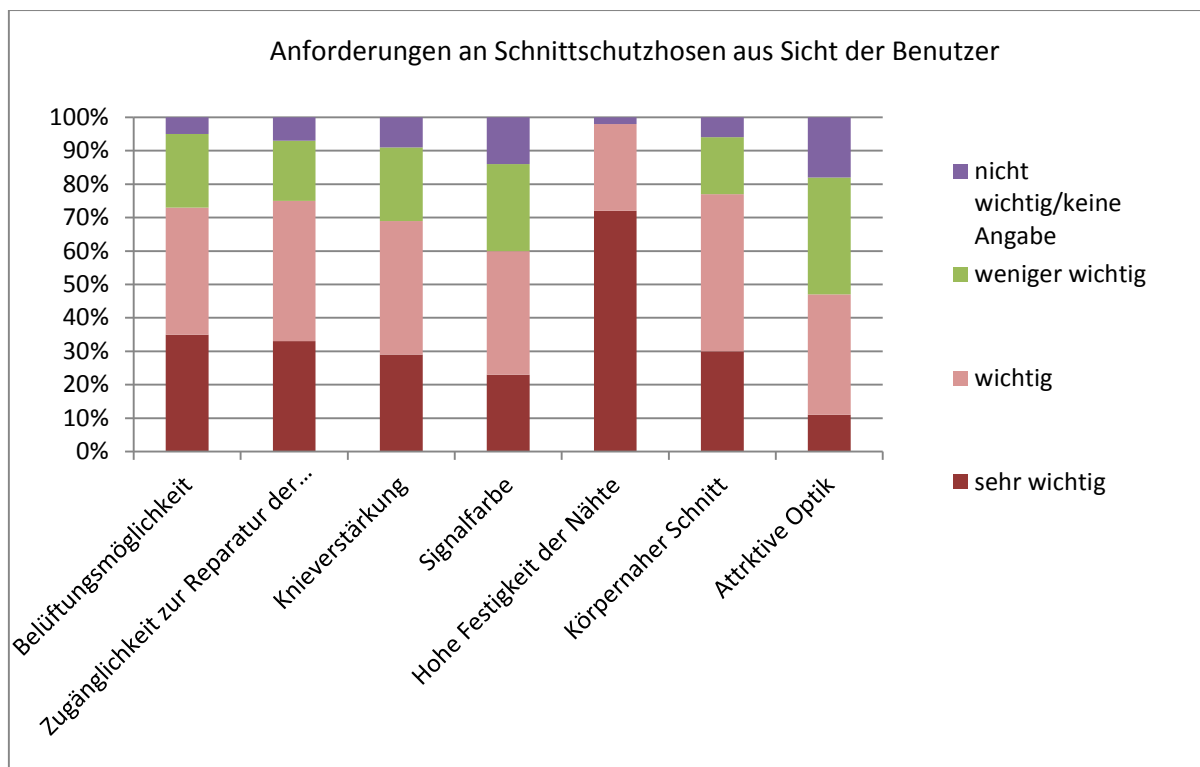


Abbildung 69: Anforderungen an Schnittschutzhosen aus Sicht der Benutzer (STARK)

In beiden Analysen werden gleiche bzw. ähnliche Punkte bezüglich Anforderungen bzw. gewünschter Optimierung von Schnittschutzhosen hervorgehoben.

### 2.1.5.1 Haltbarkeit, Sicherheit und Tragekomfort

#### 2.1.5.1.1 Nahtrisse

Neben der Alterung gibt es weitere Ursachen, welche die Lebensdauer einer Schnittschutzhose vermindern. Äußere Beschädigungen beispielsweise können eine Schnittschutzhose unbrauchbar machen. Untersuchungen von gebrauchten Schnittschutzhosen und Umfragen unter Schnittschutzhosenträgern haben ergeben, dass Nahtrisse und Einschnitte durch die Motorsäge die häufigsten Ursachen sind, welche die Hosen beschädigen.

Nahtrisse entstehen hauptsächlich durch zu enge Kleidung. Betroffen sind überwiegend der Gesäß- und Schrittbereich. Nicht immer wird die geeignete Konfektionsgröße gewählt. Vor allem jüngere Beschäftigte im Forstbereich bevorzugen körpernahe Bundhosen. Die Waldarbeiter müssen teilweise extreme Bewegungen ausführen. Dadurch sind die Hosen und somit auch die Nähte starker Dehnung ausgesetzt. Die starre Schnittschutzeinlage in der Vorderhose schränkt die Bewegungen ein. Die Hinterhose wird zwar meistens aus elastischem Material gefertigt, aber die Dehnungsbelastung kann dadurch nur teilweise ausgeglichen werden. Bei der Schnittentwicklung der Hose muss daher darauf geachtet werden, dass die Hose nicht zu eng am Körper sitzt. Sie muss die Bewegungen der Trägers mitmachen, sonst reißen die Nähte. Die Bewegungsfreiheit des Waldarbeiters hat außerdem starken Einfluss auf sein Wohlbefinden und somit auch auf seine Konzentrationsfähigkeit. Unkonzentriert ausgeführte Arbeiten führen leicht zu Unfällen.

Die Hose darf jedoch auch nicht zu weit sein. Sonst besteht die Gefahr, dass sie sich in Ästen o.ä. verfängt, was wiederum potentielle Gefahren mit sich bringt.

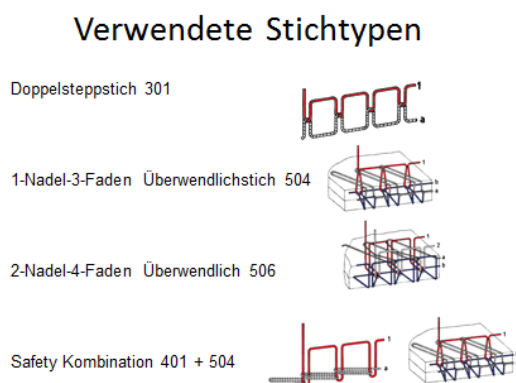
In zwei Bachelorarbeiten wurden die Nähte untersucht bzw. die optimale Vernähung der Schnittschutzeinlagen untereinander und mit dem Oberstoff von Christina Maier (Maier) und Annika Pape (Pape[2]) ermittelt.

MAIER stellt in ihren Untersuchungen fest, dass zumeist nicht die Nähte selbst reißen, sondern der Oberstoff direkt neben der Naht. Dies insbesondere dann, wenn der Zickel im Schritt aus elastischem Material bestand. Sie empfiehlt deshalb, in diesem Bereich keine elastischen Materialien einzusetzen.

#### 2.1.5.1.2 Sicherheit

WICHMANN (Wichmann) hat die Annahme vertreten, dass der Fadenzug (Widerstand beim manuellen Ausziehen einzelner Garne) über den Schnittwiderstand entscheidet. Diese These untersuchte Annika Pape in ihrer Bachelorthesis, indem sie unterschiedliche Stichtypen bezüglich der Auszugskraft der eingebundenen Fäden betrachtete.

Folgende unterschiedliche Stichtypen werden bei der Vernähung von Schnittschutzhosen verwendet.



**Abbildung 70: Verschiedene Stichtypen (Pape) (PAPE 2012)**

Mit diesen Stichtypen wurden entsprechende Nähte hergestellt und auf den Auszugswiderstand der eingebundenen Schuß- und Stehfäden der Schnittschutzeinlage hin geprüft und mit dem Auszugswiderstand ohne Vernähung verglichen. Hierzu diente eine Kombination der Messgeräte Instron 5565 mit 500N Kraftmessdose und Universelle Messinstrument der Physik inklusive Kraftsensor  $S \pm 1N$ .

Probenbezeichnung	DSS + 1-lagige Charmeuse	ohne Naht	1N3F, geringe Spannung	2N4F geringe Spannung	Safety Stitch geringe Spannung
Probennummer	11	14	6	3	9
Mittelwert $F_H$ in mN	328	337	351	433	462
Maximum $F_H$ in mN	375	400	414	517	540
Minimum $F_H$ in mN	311	254	307	338	406
Standardabweichung in mN	23,0	57,4	36,7	47,9	48,1
Variationskoeffizient in %	7,01	17,0	10,5	11,1	10,4

Tabelle 35: Statistische Auswertung Zugversuche Nahttypen

Die Tabelle zeigt, dass der Doppelsteppstich (DSS) die geringste Auszugskraft hat, der Safetystitch die höchste.

Die Zugversuche haben gezeigt dass die Beeinflussung der benötigten Kraft neben dem Stichtyp auch durch folgende Faktoren erfolgt:

- Struktur des Garns (Kett-/Schussrichtung)
- Faserreibung (Probenlänge)
- Nähfadenspannung (Lagenanzahl und Einstellung an der Nähmaschine)
- Stichdichte (Trennen und Abbinden der zu ziehenden Garne)
- Nahtkombinationen
- Nahtzugabe (texturierte Stehfäden)
- Eingefasste Nähte (verschiedene Materialien)

Nachfolgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Höchstzugkräfte in Bezug unterschiedlicher Fadenspannungen.

Probenbezeichnung	1N3F, geringe Spannung	1N3F, mittlere Spannung	DSS + Charmeuse, geringe Span.	DSS + Charmeuse, mittlere Span.
Probennummer	6	1	11	10
Mittelwert $F_H$ in mN	351	525	328	423
Maximum $F_H$ in mN	414	621	375	554
Minimum $F_H$ in mN	307	450	311	315
Standardabweichung in mN	36,7	62,8	23,0	89,8
Variationskoeffizient in %	10,5	12,0	7,01	<b>21,2</b>
Anstieg des Mittelwertes in %		+49,6		+29,0

**Tabelle 36: Statistische Auswertung Zugversuche Fadenspannung**

Die Werte der Höchstzugkräfte bestätigen die Annahme, dass sich Änderungen von Fadenspannungen (wie auch von Stichlängen) auf alle Nähstiche ähnlich auswirken. Genaue Aussagen über einen prozentualen Anstieg durch zunehmende Fadenspannung können nicht getroffen werden. Aufgrund der subjektiven Spannungseinstellung an der Nähmaschine (ohne Skalierung) können keine reproduzierbaren Spannungsdifferenzen bestimmt werden. Da die gewählten Spannungseinstellungen stark voneinander abweichen, wurde bei den getesteten Proben ein Kraftanstieg von 49,6% (1N3F Überwendlichstich) bzw. 29,0% (DSS) erzielt.

## Aussagen für den Nähsticheinsatz an Schnittschutzeinlagen

Die an der Zugprüfmaschine durchgeführten Messungen zeigen, aus welchen Nahtverbindungen mit geringen Kräften Garne entfernt werden können und bei welchen Nähten der Vorgang unter größerem Kraftaufwand durchgeführt wird. Nun gilt es aus diesen Erkenntnissen Thesen für das Verhalten der Pads am Prüfstand zu ziehen. Die genannten Thesen beziehen sich auf die aus der Diplomarbeit von Stefan Wichmann hervorgehenden Informationen.<sup>17</sup>

Erkenntnis	These
Verschiedene Nähstichtypen, bei vergleichbarer Fadenspannung und Stichdichte, haben Einfluss auf die fadenziehende Kraft.	→ Laut Diplomarbeit <sup>18</sup> gelten geringe Kräfte, gegenüber hohen Kräften, als Indikator für sichere Pads. Demzufolge sollten Pads mit einem 2N4F Überwendlich oder einem kombinierten Stich (Safety Stitch; 1N3F Überwendlich + DSS) eine geringere Schutzwirkung haben als Pads mit DSS oder einem 1N3F Überwendlichstich.
Die Fadenspannung wirkt sich deutlich auf die benötigten Kräfte zum Herausziehen des Garns aus.	→ Beim Test gleicher Nahtverbindungen mit unterschiedlichen Spannungen sollte die Einlage mit fester Naht größere Öffnungen aufweisen
Die Kraft, um ein Garn aus einer Naht mit hoher Stichdichte zu ziehen, ist größer als die Kraft, um es aus einer Naht mit geringer Stichdichte zu ziehen.	→ Pads, welche mit wenigen Stichen pro Zentimeter vernäht wurden, müssen besser ausfallen als Pads, welche mit einer hohen Anzahl Stiche pro Zentimeter vernäht wurden.
Je breiter der Stich, desto fester die Naht. Folglich wird zum Herausziehen aus breiten Nähten mehr Kraft aufgewendet.	→ Pads mit kombinierten Stichen (Safety Stitch; 1N3F Überwendlich + DSS) weisen mehr Lagenzerstörungen auf als jene mit einfachen Stichen.
Die Länge, auf welcher der Faden eingebunden ist, beeinflusst die benötigte Zugkraft.	→ Da durch einen seitlichen Einschnitt sowohl eine kurze Strecke (geringe Kräfte) als auch eine lange Strecke (hohe Kräfte) entstehen, aus denen die Garne gezogen werden, werden die Ergebnisse relativ gleich ausfallen.

Um die oben genannten Thesen zu verifizieren, wurden Pads mit unterschiedlichen Nähten

Da zum Zeitpunkt der Prüfungsdurchführung noch keine Gewissheit über den Zusammenhang von im Labor erarbeiteten Ergebnissen und den Schnittergebnissen am Prüfstand bestanden, bot die Diplomarbeit von S. Wichmann die einzigen Angaben zur Auswirkung von Nahtkonstruktionen. Aufgebaut auf die Erkenntnis der Arbeit, welche besagt, dass der Fa-

<sup>17</sup> „. In einem Fall wurden die Nähte, die die Einlage am Trägerstoff befestigen offensichtlich zu fest genäht. Bei den Probeschnitten konnten praktisch keine [.., Garne] aus der Einlage gezogen werden. Die Einlagen wurden durchtrennt.“ S.45/46

<sup>18</sup> Vgl. Wichmann, S.: Untersuchung von durch Kettenkontakt unbrauchbar gewordenen Schnittschutzhosen

denzug (Widerstand beim manuellen Ausziehen einzelner Garne) über den Schnittwiderstand entscheidet, wurden die Nahtkonstruktionen für die Pads festgelegt. Diese Annahme erschien korrekt, da die Analyse vorhandener Hosen ergab, dass sich auf dem Markt lediglich Hosen mit Nähten befinden, welche einen geringen Auszugswiderstand bieten. Nach Auswertung der Pads, wurden die Thesen bezüglich Fadenspannung und Stichdichte belegt. Sie geben der Diplomarbeit von S. Wichmann Recht. Jedoch zeigte sich ebenfalls, dass eine möglichst geringe Kraft nicht der einzige Faktor für einen guten Schnittschutz ist. So bewirkt eine Naht, welche einen geringen Auszugswiderstand bietet, ein stärkeres Absenken des Schwertes. Eine kombinierte Naht (welche im Labor hohe Zugkräfte forderte) hingegen begünstigt ein rasches Durchschneiden der von den Sägezähnen gezogenen Fäden und intensiviert das Absenken des Schwertes nicht. Dieses Ergebnis sollte weiter untersucht werden um verbindliche Aussagen treffen zu können. Ein Vorschlag wäre die Produktion von Pads mit folgenden Nähten:

- Kombination aus 1N3F Überwendlich (geringe Spannung und Stichdichte) mit DSS (geringe Spannung und Stichdichte), welcher auf der Überwendlichnaht verläuft.
- Safety Stitch mit geringer Fadenspannung und langen Stichen
- 1N3F Überwendlichstich (geringe Spannung und Stichdichte) mit zusätzliche DSS-Nähten ca. 50 bis 100mm von der Kante entfernt
- 1N3F Überwendlichstich (geringe Spannung und Stichdichte) mit zusätzliche DSS-Nähten ca. 50 und 100mm von der Kante entfernt

In einer weiteren Untersuchung sollte die These bez. der Auszugskraft unterstrichen werden. GROSS (Groß[2]) stellte deshalb eine Doppelsteppstichnaht einer Verklebung gegenüber.

## Auswirkungen der Nahtfestigkeit

Doppelsteppnaht



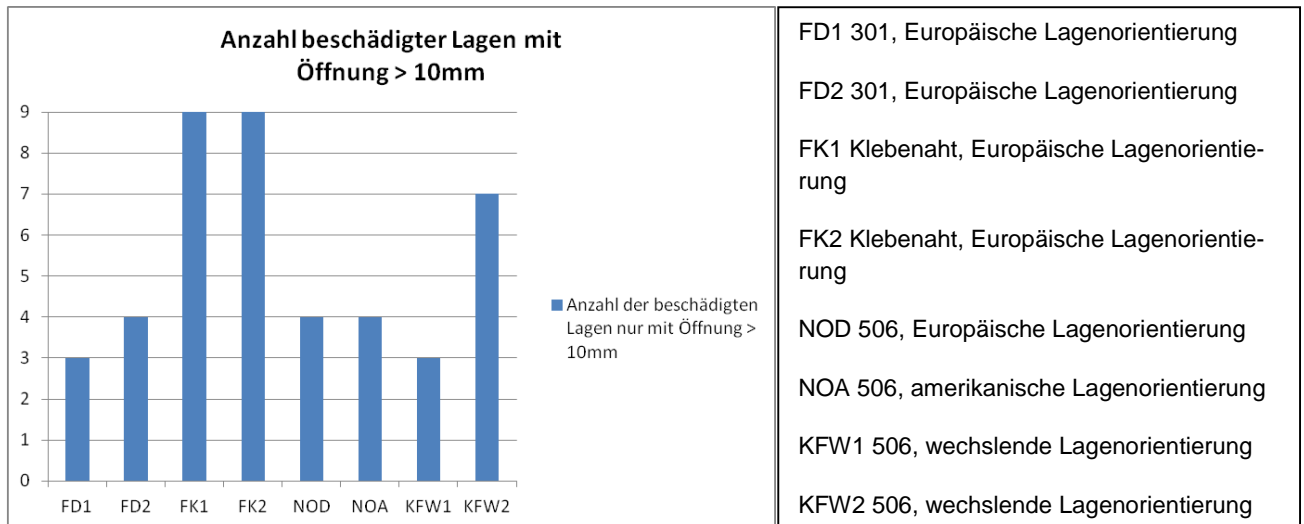
Klebonaht



Nicolai Groß  
Kolloquium 09.07.2012

Abbildung 71: Doppelsteppstich- und Klebeverbindung

Zudem untersuchte er, welchen Einfluss die Anordnung der Schnittschutzeinlage von Engtex auf die Schnittsicherheit hat. Engtex schreibt für Europa die Anordnung mit den schutzwirkenden Schussfäden in Querrichtung vor, für die USA aber in Längsrichtung. Somit fertigte er Pads entsprechend den Vorschriften für Europa und USA. Zudem wurden 2 Pads angefertigt, bei denen die Anordnung pro Lage um 90° gedreht wurde, also nur jede 2. Lage in Quer- bzw. Längsrichtung war.



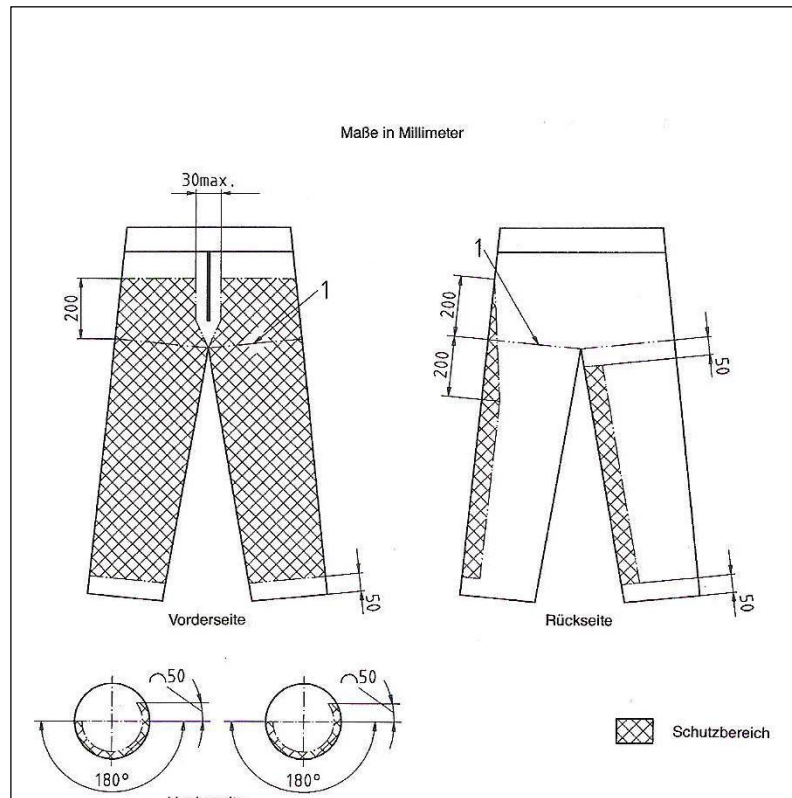
**Abbildung 72: Vergleich der Schnittöffnungen**

Das Diagramm zeigt, dass die Vernähung eindeutig gegenüber der Verklebung von Vorteil ist, somit also der geringe Auszugswiderstand zur höheren –Sicherheit beiträgt. Ob die Anordnung in Längs- oder Querrichtung optimal ist konnte allerdings nicht befriedigend beantwortet werden, genauso wenig wie hinsichtlich der wechselnden Anordnung eine eindeutige Antwort gegeben werden kann.

### 2.1.5.1.3 Verdrehen des Hosenbeins

Ein Sicherheitsrisiko für den Waldarbeiter stellt das Verdrehen des Hosenbeins bei Kontakt mit der Sägekette dar. Bei Hosentyp A, der bei Waldarbeitern am häufigsten zum Einsatz kommt, muss laut Vorgabe der DIN EN 381-5 die Schnittschutzeinlage das vordere Hosenbein komplett abdecken und links 50 mm über die Seitennaht hinaus ins hintere Hosenbein weiterreichen. Wenn die Sägekette der Motorsäge das Hosenbein erfasst, kann es nach vorne gezogen werden und das Bein des Waldarbeiters ist im hinteren Bereich ungeschützt der Kettensäge ausgesetzt. Ist eine Hose zu weit, steigt das Risiko des Verdrehens bei Kontakt mit der Sägekette.





**Abbildung 73: Spezifischer Schutzbereich, Form A (DIN 381-5)**

Durch entsprechende Gestaltung des Schnittes soll diesen Problemen entgegengewirkt werden. Es gilt also Tragekomfort und Sicherheit best möglichst miteinander zu verbinden.

### **2.1.5.2 Von der Arbeitshose zum Hightech-Bekleidungsstück**

Betrachtet man zunächst unterschiedliche auf dem Markt vorhandene Schnittschutzhosen hinsichtlich ihrer verwendeten Materialien und Ausstattung, so wird deutlich, dass in den letzten Jahren eine enorme Weiterentwicklung stattgefunden hat. Früher gab es fast ausschließlich relativ formlose Modelle aus Baumwoll- oder Baumwollmischgewebe, wie sie heute nur noch im Billigsektor zu finden sind. Profis tragen heute ausgeklügelte Hosen aus Hightechmaterialien. Outdoor- und Arbeitsbekleidungs-Hersteller befruchten sich hier gegenseitig. Das Resultat sind hochfunktionelle, robuste und komfortable Bekleidungsstücke, welche atmungsaktiv, schmutz- und wasserabweisend, leicht, schnell trocknend und strapazierfähig sind. Die modernen Materialien und Verarbeitungsmethoden haben heutzutage zu einem Tragekomfort geführt, wie er noch vor zehn oder zwanzig Jahren nicht vorstellbar war. Auch die Auswahl hinsichtlich der Ausstattung ist heute enorm.<sup>1</sup>

Für verschiedene Einsatzbereiche gibt es unterschiedliche Modelle, wie z.B. zum Baumklettern. Hier haben die Hosen Verstärkungen in den Bereichen, in denen der Klettergurt sitzt.

Außerdem bieten die Hersteller Sommermodelle aus dünneren Stoffen und mit Belüftungsöffnungen an, die eine bessere Luftzirkulation versprechen.

Auch die Passform wurde verbessert und den Anforderungen der Waldarbeiter in verschiedenen Einsatzbereichen angepasst. Die Schnitte der Hosen sind körpernaher, was dem Träger durch den Einsatz elastischer Oberstoffe dennoch ein hohes Maß an Bewegungsfreiheit bietet. Auch der Größenbereich wurde ausgebaut. So kann ein Waldarbeiter zwischen langen, kurzen und unteretzten Größen wählen. Einige Hersteller bieten zu entsprechendem Preis sogar Maßkonfektion an.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bereits jetzt eine Bandbreite an Modellen und Ausführungen von Schnitenschutzhosen erhältlich ist, die nahezu allen Wünschen und Anforderungen bei der Waldarbeit entsprechen. Nur in Teilbereichen kann hier noch eine Optimierung stattfinden. Die Problematik des Verdrehens des Hosenbeins wurde beispielsweise noch nicht gelöst. Auch einige andere Details, die weiter unten näher beschrieben werden, könnten für Schnitenschutzhosenproduzenten interessant sein.

### **2.1.5.3 Entwicklung einer Schnitenschutzhose**

#### **2.1.5.3.1 Aspekte der Neuentwicklung**

Als Basis für die Schnitentwicklung diente das Modell „Solo Forst Schnitenschutzhose Bund ComforTEX“ der Firma Thurner. Dieses Modell wurde analysiert, mit Hosen anderer Anbieter verglichen und unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte modifiziert: Dieses sind neben der Erhöhung der Sicherheit durch Entgegenwirken der Gefahr des Verdrehens des Hosenbeins die Funktionalität und der Tragekomfort u.a. durch Taschenlösungen für Werkzeuge, Handies etc.

Zur Erhöhung der Funktionalität wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Kevlarbeleg am Saum/Innenbein
- mit Kevlar verstärkter Saumstreifen innen
- Aufgesetzte Tasche mit RV (weniger störend als Klappentaschen mit Knöpfen)
- Handytasche innen
- VT-Eingriffstaschen mit Patten über RV (Modellvarianten auch ohne Patten)
- Nierenschutz bis zur Seitennaht vorgezogen
- leuchtfarbenes Material (für bessere Sichtbarkeit, wenn Jacke ausgezogen ist)
- weitenverstellbarer Bund

Im Bereich Tragekomfort wurden folgende Lösungen entwickelt:

- Vorgeformtes Knie
- RT aus Stretchmaterial beibehalten
- Taschenbeutel in Hinterhose nicht durchnähen (dadurch bessere Dehnung der Hinterhose), TB nach oben verlängert und in Bundnaht befestigt
- Meterstabs tasche im unteren Bereich lose

- Netzunterlegte Belüftungsöffnungen mit RV im RT

Die Verarbeitung:erfolgte unter nachgenannten Bedingungen:

- Nähte mit Kettenstich soweit möglich (für bessere Nahtelastizität)
- soweit möglich doppelt abgesteppte Nähte
- geeignete Nähgarne verwenden

### 2.1.5.3.2 Basismodell

Bei der Schnittentwicklung einer ersten Modellreihe wurde der Grundschnitt zunächst der Musterhose der Firma Thurner angeglichen und entsprechend der oben aufgeführten Aspekte modifiziert. Ausgehend von der Modellskizze wurde der Schnitt entwickelt.



Abbildung 74: Modellskizze der 1. Musterhose

Die Grundform ist körpernah. Das Knie besteht aus einem Schnittteil mit seitlichen Abnähern, wodurch das vordere Hosenbein mehr Länge erhält (vorgeformtes Knie). Dadurch wird das Arbeiten mit abgewinkeltem Knie für den Waldarbeiter bequemer.

Im hinteren Hosenbein wurden Lüftungsschlitze eingearbeitet. Sie sind mit Netzstoff unterlegt, um Eindringen von Sägespänen etc. zu verhindern und können mittels Reißverschluss geöffnet werden. Je zwei Reißverschluss Taschen in Vorder- und Hinterhose bieten dem Waldarbeiter genügend Platz um seine Utensilien sicher zu verstauen. Die Taschen im Vorderteil sind zusätzlich mit Patten abgedeckt, um zu verhindern, dass bei geöffnetem Reißverschluss Sägespäne und Schmutz eindringen können. Auf dem linken Oberschenkel ist eine Reißverschluss tasche mit innenliegender Handytasche aufgenäht. An der rechten Seite befindet sich zudem eine Meterstabtasche.

Am Bund wurde im Rückenteil der Nierenschutz bis zur Seitennaht vorgezogen. Ein verstellbarer Gummizug ist in den Bund integriert. Die Hose verfügt zusätzlich über Gürtelschlaufen und kann somit in der Weite auch mit Hilfe eines Gürtels reguliert werden. Besonders strapazierte Stellen wurden mit Belegen aus Kevlargewebe verstärkt (Innenbein, Saum).

2.1.5.3.2.1 Schnittteile Basismodell

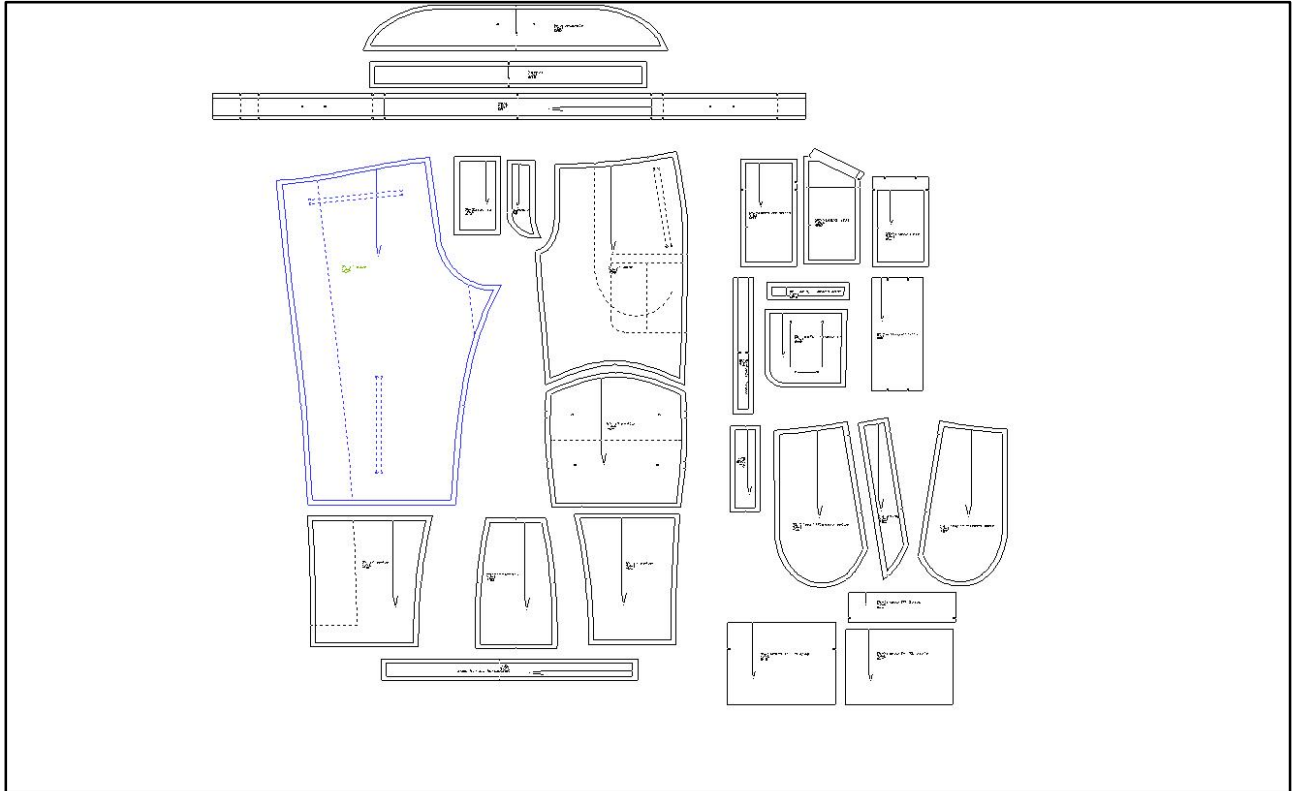


Abbildung 75: Schnittteile der Hose

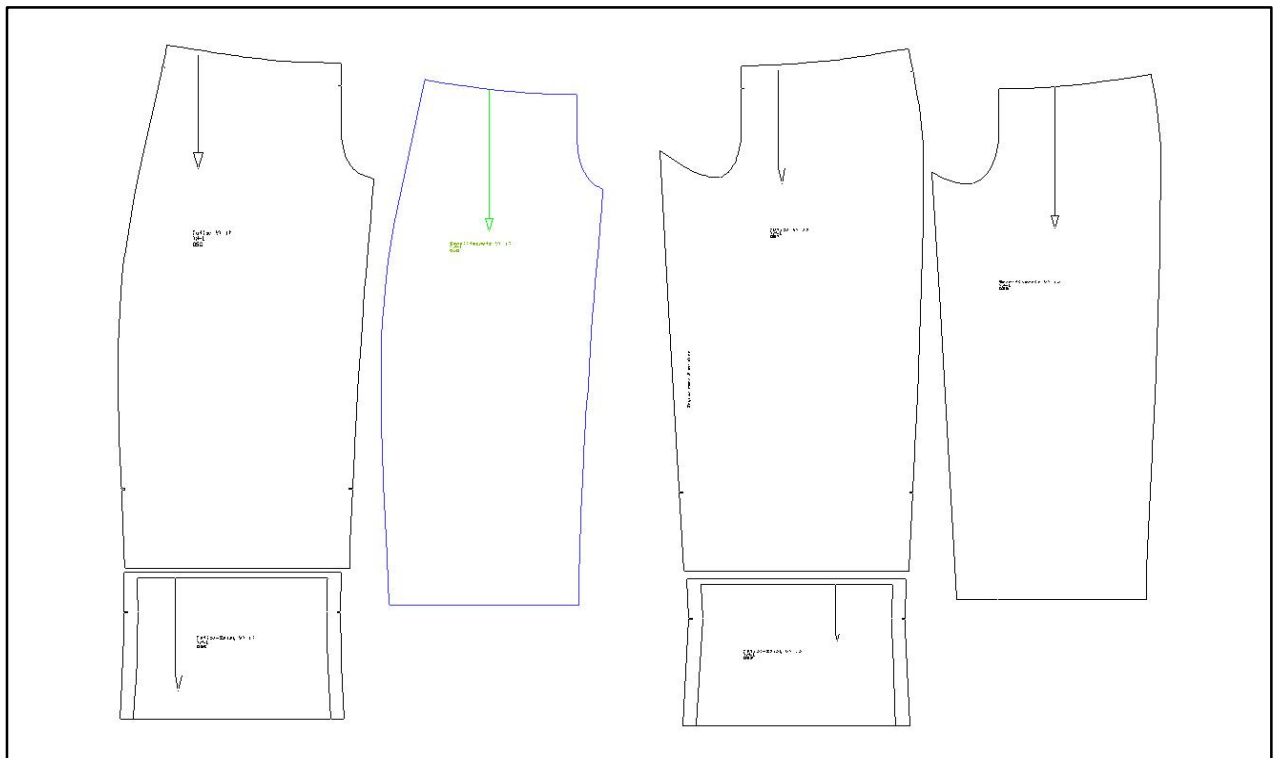


Abbildung 76: Schnittteile der Schnittschutzeinlage mit Futter

#### 2.1.5.3.2.2 Konfektionierte Hose

Die fertig konfektionierte Hose ist in Abb. 5 zu sehen. Die Stoffe wurden nach Aspekten der Sicherheit und geeigneter Materialeigenschaften ausgewählt. Bei der Farbwahl ist auf eine ausreichende Sichtbarkeit und Signalwirkung zu achten. Die Gefahr geht für Waldarbeiter während der Arbeit vorrangig von den in der Nähe arbeitenden Kollegen aus. Signalfarben sind nur bei Jacken, nicht bei Hosen vorgeschrieben. Da die Jacke aber vor allem im Sommer oft ausgezogen wird, ist es sinnvoll, auch eine Schnitzhose mit entsprechenden Elementen auszustatten.



Abbildung 78: Musterhose, Vorderseite



Abbildung 77: Rückseite

#### 2.1.5.3.2.3 Größensatz mit Fragebogen

Von diesem Modell wurden Musterhosen in unterschiedlichen Größen gefertigt, von Testpersonen getragen und nach einigen Wochen Tragedauer bewertet. Dafür wurden Fragebögen ausgegeben, welche von den Trägern ausgefüllt wurden. Gefragt wurde dabei hauptsächlich nach Passform, Tragekomfort und verschiedenen Taschenlösungen.

## Fragebogen - Schnittschutzhose

1. Wie lange haben Sie diese Schnittschutzhose getragen?

- a) wenige Stunden
- b) mehrere Stunden an verschiedenen Tagen
- c) bei unterschiedlichen Temperaturen
- d) bei unterschiedlichen Tätigkeiten

2. Wie beurteilen Sie die Passform dieser Hose allgemein?

- a) gut
- b) zu eng im Bereich.....
- c) zu weit im Bereich.....
- d) sonstiges.....

3. Empfinden Sie es als angenehm, dass die Hinterhose im oberen Bereich aus Stretchmaterial besteht?

- a) ja            b) nein c) ist mir egal

4. Bewirkt das vorgeformte Knie mehr Tragekomfort?

- a) ja            b) nein c) weiß nicht

5. Welche Taschen benützen Sie?

- |                             |        |              |           |
|-----------------------------|--------|--------------|-----------|
| RV-Tasche vorne rechts      | a) oft | b) ab und zu | c) selten |
| RV-Tasche vorne links       | a) oft | b) ab und zu | c) selten |
| Oberschenkel-Tasche (Handy) | a) oft | b) ab und zu | c) selten |
| RV-Tasche hinten rechts     | a) oft | b) ab und zu | c) selten |
| RV-Tasche hinten links      | a) oft | b) ab und zu | c) selten |
| Meterstabtasche             | a) oft | b) ab und zu | c) selten |

6. Wie beurteilen Sie die Reißverschlussabdeckung der vorderen Taschen?

a) gut      b) nicht gut      c)egal      d).....

7. Verbessern die Lüftungsöffnungen an der Hinterhose den Tragekomfort?

a) ja      b) nein      c) weiß nicht

8. Wurde die Hose beim Tragen beschädigt?

a) ja, Nahtrisse      b) ja, durch Dornen/Äste      c)nein

9. Wie gefällt Ihnen die Hose optisch?

a) gut      b) geht so      c) nicht gut      d) ist mir egal

10. Was sollte an dieser Hose verändert/ verbessert werden?

.....

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

#### 2.1.5.3.2.4 Auswertung Fragebögen

Die Antworten auf Frage 1 ergaben, dass alle Hosen bei unterschiedlichen Tätigkeiten, unterschiedlichen Temperaturen und über mehrere Stunden an verschiedenen Tagen getragen wurden.

Die allgemeine Passform (Frage 2) wurde als gut bewertet. Lediglich am Unterschenkel sollte die Hose etwas enger geschnitten werden. Eine Testperson beurteilte den Schrittbereich als zu eng.

Die Verwendung von Stretchmaterial im oberen Bereich der Hinterhose bewerteten fast alle Träger als positiv. (Frage 3)

In Frage 4 wurde nach verbessertem Tragekomfort durch das vorgeformte Knie gefragt. Die Hälfte der Testpersonen stimmte zu, die andere Hälfte konnte keine Aussage treffen.

Bei der Frage nach der Benutzung der Taschen (Frage 5) ergab sich Folgendes:

- Tasche vorne rechts: oft
- Tasche vorne links: oft
- Handytasche: 50%selten / 50%oft
- Tasche hinten rechts: selten
- Tasche hinten links: selten
- MST: gelegentlich
- 

Frage 6 diente zur Klärung, ob die Reißverschlussabdeckung der vorderen Taschen sinnvoll ist. Dem wurde überwiegend zugestimmt, wobei die Eingriffsöffnung oben sein sollte, da sich sonst Sägespäne in der Abdeckung verfangen.

Auch die Lüftungsöffnungen in der Hinterhose (Frage 7) wurden als positiv empfunden.

Laut Frage 8 wurde keine der Hosen beim Tragen beschädigt.

Bei Frage 9 sollte die Optik beurteilt werden. Diese wurde als mittelmäßig bewertet. Einer Testperson war sie egal.

Zum Schluss in Frage 10 konnten Verbesserungsvorschläge gemacht werden. Dies sind:

- Wunsch nach besserer Möglichkeit zur Bundweitenregulierung
- griffigerer Reißverschlusszipper
- Netzstoff an Lüftungsöffnung so anbringen, dass er nicht einklemmt

Auf Verbesserungsvorschläge und Änderungswünsche konnte nach Abschluss der Testphase eingegangen werden. Daraus entstanden weitere Hosenmodelle aus anderen Stoffen, mit anderer Schnittgestaltung und anderen Taschenlösungen. Diese wurden teilweise nochmals von Testpersonen über einen längeren Zeitraum getragen und beurteilt. Somit konnte ermittelt werden, wie eine Schnittschutzhose sinnvoll ausgestattet sein sollte.

### **2.1.5.3.3 Varianten**

#### *Übersicht*

Ausgehend von einem Grundmodell können verschiedene Varianten entwickelt werden. Verschiedene Taschenlösungen oder verschiedene Knieabtrennungen sind möglich. Da die einzelnen Module sich auf das gleiche Grundmodell beziehen, sind die Teile mit geringem Aufwand untereinander austauschbar.

Durch den Einsatz verschiedener Materialien oder Stoffen in unterschiedlichen Farben kann eine große Bandbreite an Hosenmodellen umgesetzt werden.





Abbildung 81: Variante Sommer

Abbildung 80: Variante Orange-Rot

Abbildung 79: Variante Pad

#### 2.1.5.3.3.1 Modellvariante Sommerhose

Aus einem leichteren aber sehr strapazierfähigen Polyestergewebe mit Elasthananteil entstand eine Sommerhose. Der Grundschnitt ist im Gesäß- und Schrittbereich etwas weiter geschnitten. Das ermöglicht eine bessere Durchlüftung, verhindert Nahtrisse und gibt mehr Bewegungsfreiheit.

Durch die Gewichtsreduzierung des Oberstoffs wird der Tragekomfort für den Waldarbeiter deutlich erhöht, was starken Einfluss auf sein Wohlbefinden und somit auch auf seine Konzentrationsfähigkeit hat. Dies wiederum erhöht die Sicherheit, da unkonzentriert ausgeführte Arbeiten leichter zu Unfällen führen.

Ausprobiert wurde unter anderem eine Hose mit Lüftungstreifen im Rückenteil unterhalb des Hosenbundes. Eventuell kann die Luft durch den geöffneten Lüftungsschlitz im Kniebereich und den Netzstoff unterhalb des Hosenbundes zirkulieren.

Nachteil: Sägespäne, Schmutz und Ungeziefer (Zecken) können leichter in die Hose eindringen.

#### 2.1.5.3.3.2 Anfertigung einer Maßhose

Die Hose wird den Körpermaßen einer Testperson angepasst. Das garantiert einen sehr guten Sitz sowie eine optimale Schutzwirkung der Hose, da die zu schützenden Partien perfekt abgedeckt werden. Die Taschenlösungen können nach den Wünschen des Waldarbeiters

gestaltet werden. Auch Befestigungen für Werkzeuge oder ein Schlüsselhaken etc. sind denkbar. In der unten zu sehenden Hose wurde die Meterstabtasche auf Wunsch weggelassen und dafür eine Klappentasche angebracht.



Abbildung 83: Vorderseite



Abbildung 82: Rückseite

#### 2.1.5.3.4 Schnittschutzhose mit Oberschenkelpad

Bei der Schnittentwicklung einer weiterentwickelten Schnittschutzhose wurde ebenfalls eine körpernahe Form als Grundschnitt gewählt. Sie sitzt jedoch im Gesäß- und Schrittbereich nicht so eng wie die erste Musterhose und garantiert somit genügend Bewegungsfreiheit. Bei der Passformkontrolle der ersten Hosenreihe wurde festgestellt, dass der Schnitt im Gesäßbereich zu eng ist. Das liegt daran, dass der Grundschnitt einem Jeanshosenschnitt ähnelt. Da bei der Waldarbeit die Hose extremer Dehnung ausgesetzt ist, muss die Hose so geschnitten sein, dass sie den Träger nicht einengt oder gar reißt.

Das vorgeformte Knie wurde übernommen. Ebenso Lüftungsschlitze, Reißverschlussaschen und Meterstabtasche. In den rechten Oberschenkel eingearbeitet ist eine Handytasche mit Innentasche. Für die Belege am Innenbein und den Saumstreifen wurde Kevlargewebe eingesetzt, welches eine höhere Abriebfestigkeit aufweist.

Ein besonderes Augenmerk liegt bei dieser Hose auf dem linken Oberschenkel. Laut einer Bachelorthesis entstehen die meisten Unfälle mit der Kettensäge durch Einschnitte am linken Oberschenkel.<sup>ii</sup> Aus diesem Grund wurde an dieser Stelle zusätzlich ein Beleg aus Kevlargewebe aufgenäht, der ins hintere Hosenbein verlängert ist. Dies erhöht die Schutzwirkung,

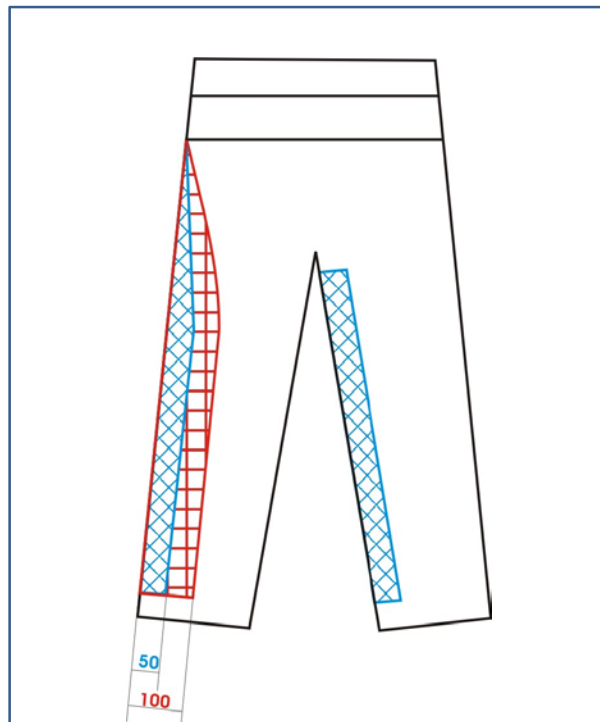
da bereits bei Durchtrennung des Oberstoffes Energie der Kette absorbiert wird. Durch Schneideversuche auf dem Prüfstand konnte eine Verbesserung des Durchtrennungswiderstands nachgewiesen werden. Identische Testpads aus Oberstoff, 6-lagigem Schnittschutzmaterial und Futterstoff wurden in zwei Varianten mit und ohne Kevlarbeleg hergestellt und der Schnittprüfung unterzogen. Bei Pads mit Kevlarbeleg wurde 1 Lage weniger durchtrennt, als bei Pads ohne Kevlar. Der Kevlarbeleg schützt außerdem den Oberstoff an stark strapazierten Stellen und trägt somit zur längeren Haltbarkeit der Hose bei.

#### **2.1.5.3.5** Verdrehen des Hosenbeins

Wenn die Sägekette der Motorsäge mit dem Stoff des Hosenbeins in Kontakt kommt, kann es nach vorne gezogen werden so dass das Bein des Waldarbeiters ist im hinteren Bereich ungeschützt der Kettensäge ausgesetzt ist. Dies stellt eine Sicherheitslücke dar, welche geschlossen werden sollte.

Die Problematik des Verdrehens des Hosenbeins kann schnitttechnisch nicht gelöst werden. Höchstens eine Fixierung der Hose am Bein oder Schuh des Waldarbeiters wäre denkbar. Dies wäre für ihn jedoch unbequem und technisch schwer umzusetzen, da die unterschiedlichsten Schuhmodelle getragen werden. Um den Waldarbeiter dennoch besser zu schützen, kann mit einer einfachen Maßnahme der Schutz erhöht werden. Die Schnittschutzeinlage am linken Hosenbein wird nicht nur um 50 mm über die Seitennaht hinaus, wie vorgeschrieben, sondern um insgesamt 100 mm in die Hinterhose verlängert. Wird das Hosenbein also von der Sägekette der Motorsäge erfasst und nach vorne gedreht, ist das Bein des Trägers trotzdem geschützt. Der breitere Schnittschutz stört den Träger nicht in der Bewegung oder beim Sitzen. Und auch dem Hosenhersteller entstehen durch den erhöhten Materialbedarf keine zusätzlichen Kosten. Bedingt durch die Warenbreite des Gewirks (Engtex 041) kann auch die breitere Schnittschutzeinlage aus der gleichen Metrage geschnitten werden. Das durch die Verbreiterung der Schnittschutzeinlage hinzukommende Gewicht an Schnittschutzmaterial ist vergleichsweise gering. Geht man davon aus, dass als Schnittschutzmaterial Engtex 041 mit 6 Lagen verwendet wird, so beträgt das Gewicht des linken Schnittschutzpads bei Normbreite ca. 300g. Die oben beschriebene Verbreiterung um zusätzliche 50 mm bedeutet eine Erhöhung des Gewichts um ca. 15%, was 40g entspricht. Vermutlich nimmt dies jeder Waldarbeiter gerne in Kauf, wenn dadurch seine Sicherheit deutlich erhöht wird.

Gewicht kann vielmehr durch die Auswahl geeigneter Oberstoffe erzielt werden. Im Laufe des Projekts wurden Hosen aus unterschiedlichen Oberstoffen hergestellt und gewogen. Durch den Einsatz von Funktionsstoffen konnte eine Gewichtsreduzierung von über 100g gegenüber Mischgeweben, wie sie üblicherweise bei Arbeitskleidung zum Einsatz kommen, erreicht werden. Da auf dem Markt noch weitaus bessere und unterschiedlichere Materialien vorhanden sind, als im Projekt zur Verfügung standen, kann das Gewicht einer Hose insgesamt sicher noch weiter reduziert werden.



**Abbildung 84: Hinterhose mit Schnitenschutz 50mm bzw. 100mm**

Damit die vorgenommenen schnitttechnischen Maßnahmen optimal greifen, ist es erforderlich, geeignete Nahtarten, Nähgarne und Stoffe zu verwenden. In verschiedenen Bachelor- und Projektarbeiten wurden diese Themen im Rahmen des Forschungsprojektes bearbeitet.

Zum Thema „Nähte“ wurde eine Bachelorthesis mit der Zielsetzung erstellt, die Nähte auf ihre Nahtquerreißfestigkeit und Nahtlängsdehnfähigkeit in Kombination mit unterschiedlichen Garnen und Nähten zu untersuchen. Aus den Ergebnissen konnten geeignete Nahtarten und Nähgarne für die Konfektionierung von Schnitenschutzhosen ermittelt werden.<sup>iii</sup>

Anforderungen an neu zu entwickelnde Oberstoffe wurden in einer anderen Bachelorarbeit definiert. Die Eigenschaften der gängigen Oberstoffe wurden bezüglich des Einflusses von Dornen, der UV-Durchlässigkeit, der Wasserdichtheit und der Abweisung von Kettenöl ermittelt, da die Oberstoffe von Schnitenschutzhosen die Aufgabe haben, das Einlagenmaterial vor äußeren Einflüssen zu schützen. Deshalb sind sie für das Alterungsverhalten der Schnitenschutzhosen von großer Bedeutung.

#### 2.1.5.4 Weiterentwickelte Schnittschutzhose

Unter der Einbeziehung oben aufgeführter Aspekte und Erkenntnisse kann eine fertig konfektionierte Hose beispielsweise so aussehen wie in Abb. 74-76.



Abbildung 87: Vorderseite



Abbildung 86: Rückseite



Abbildung 85: Linke Seite

Im Lauf des Projekts entstanden verschiedene Hosenmodelle, die nach Auswertung der Fragebögen und durch Gespräche mit Trägern von Schnittschutzhosen immer wieder variiert wurden. Somit konnten Schnittschutzhosen in unterschiedlichen Ausführungen entwickelt werden, welche den Anforderungen und Wünschen der Waldarbeiter entsprechen, die gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsstandards erfüllen und die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse berücksichtigen.

#### 2.1.5.5 Zubehörteil

Durch Gespräche mit Anwendern von Kettensägen entstand die Idee, eine anhängbare Werkzeugtasche zu entwickeln, die auf dem Weg zum Arbeitsort an der Hose befestigt werden kann. Vor Ort kann der Arbeiter sie ablegen. Die Werkzeugtasche ist mit einem Karabinerhaken an der Hose zu befestigen. Wird sie nicht mehr benötigt, kann sie abgenommen und mit Hilfe der aufgenähten Klettverschlüsse verschlossen werden. In der Werkzeugtasche ist ebenfalls durch Karabinerhaken abnehmbar eine kleine Tasche mit dem Zündkerzenschlüssel. Mit dem Karabinerhaken kann diese Tasche während der Waldarbeit an die Hose angehängt werden. Der Zündkerzenschlüssel wird während der Sägearbeiten häufig benötigt

und ist somit jederzeit griffbereit. Nach der Arbeit kann er wieder sicher in der Werkzeugtasche verstaut werden.



Abbildung 89: Werkzeugtasche



Abbildung 88: aufgeklappt

#### 2.1.5.6 Schnittschutzhosen für Frauen

Die Marktanalyse hat ergeben, dass seitens der Hersteller von Schnittschutzhosen kaum Modelle für Frauen angeboten werden. Das hängt natürlich damit zusammen, dass der Forstberuf und die private Waldarbeit noch immer eine fast reine Männerdomäne darstellt. Der Anteil von Frauen in der Waldarbeit nimmt jedoch stetig zu und damit steigt auch der Bedarf an Schnittschutzkleidung im weiblichen Sektor. Frauen, die eine Schnittschutzhose benötigen, behelfen sich meistens mit Männermodellen in kleineren Größen. Die Passform stellt in diesen Fällen jedoch lediglich einen Kompromiss dar, da sich die Anatomie der beiden Geschlechter deutlich unterscheidet.

Betrachtet man die Entwicklung der Anzahl an Studentinnen in den Studiengängen "Forstwirtschaft", so stellt man fest, dass in den letzten 10 Jahren ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen ist.<sup>iv</sup> In wieweit diese Frauen mit Motorsägen arbeiten, kann zahlenmäßig allerdings nicht belegt werden. Auch unter Feuerwehrleuten und Mitarbeitern beim THW gibt es weibliche Personen, die zuweilen zur Motorsäge greifen. Auf Nachfrage bei der örtlichen Feuerwehr wurde mitgeteilt, dass im Rahmen der Ausbildung zum Truppmann seit 2005 Motorsägenkurse durchgeführt werden, bei denen alle neuen Feuerwehrleute dieselbe Ausbildung erhalten. Unter 20 Teilnehmern von Motorsägenkursen sind dabei eine bis drei Frauen.<sup>v</sup> Auch im privaten Bereich gibt es immer mehr Waldbesitzerinnen. Darauf reagieren in vielen Landkreisen Anbieter von Motorsägenkursen mit speziellen Kursen für Frauen. So z.B. das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF), das neben den Motorsägenkursen für Frauen auch Waldführungen, Infoveranstaltungen mit Möglichkeit zum Austausch oder Fort-

bildungsreihen mit Praxistagen für Waldbesitzerinnen anbietet.<sup>vi,vii</sup> Im Bereich der Selbstwerber gibt es ebenfalls Frauen, die oft gemeinsam mit ihren Männern im Wald arbeiten. Weil in den Familien oftmals der zweite Mann – etwa ein Sohn oder der Schwiegervater – im Haus fehlt, begleiten immer mehr Frauen ihre Gatten in den Wald.<sup>viii</sup> Alle genannten Gruppen sollten auf optimal sitzende Schnitenschutzhosen zugreifen können.

Wie aktuell das Thema „Frauen und Waldarbeit“ ist, macht außerdem das Forschungsprojekt „FemTools“ (geschlechtersensible Entwicklung von Motorsägen und Kursen) deutlich. Hier wird erforscht, wie Hersteller von Motorsägen, persönlicher Schutzausrüstung und Anbieter von Motorsägenkursen in Zukunft stärker auf die Anforderungen von Kundinnen eingehen können. Da sich klassische Geschlechterrollen ändern, ist dies nach Meinung der Initiatoren ein interessantes Thema. Die Ergebnisse wurden beim Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (KWF) am 4.12.2012 vorgestellt. Für die Hersteller von PSA gab es wichtige Hinweise, die das Nutzen von Motorsägen für Frauen attraktiver machen können. Besonders häufig wurden dabei die Aspekte Größen und Tragekomfort genannt.<sup>ix</sup>

Es wird deutlich, dass Trägerinnen von Schnitenschutzhosen ein steigendes und noch nicht ausgeschöpftes Potential darstellen. Vielleicht befassen sich Hosenhersteller in der Zukunft vermehrt mit dieser Zielgruppe.

#### **2.1.5.7 Optimierung der Zugänglichkeit zu Reparaturzwecken**

Befasst man sich genauer mit den Anforderungen, die aus Sicht der Waldarbeiter an Schnitenschutzhosen gestellt werden, so wird unter anderem der Wunsch geäußert, die Zugänglichkeit zu Reparaturzwecken zu verbessern.<sup>x</sup> Eine Möglichkeit, diesem Wunsch nachzukommen wäre, in die linke Naht, die Schnitsschutzeinlage und Hose (Rückenteil) verbindet, einen Reißverschluss einzunähen. Die DIN-Norm gibt vor, dass Schnitsschutzeinlage und Hose fest miteinander verbunden werden müssen. Deshalb wird der RV (Meterware mit flachem Schieber, wie er auch für Bettwäsche verwendet wird) durchgehend von Bund bis Saum angenäht. Der RV-Schieber wird in den Saum eingenäht, so dass er nicht ohne weiteres geöffnet werden kann. Muss die Hose am Oberstoff repariert werden, kann die Saumnaht wenige Zentimeter weit aufgetrennt werden, der Reißverschluss Richtung Bund geöffnet, die Schnitsschutzeinlage zur Seite geklappt und die Hose repariert werden. Es ist anschließend zwingend erforderlich, den RV-Schieber wieder fest in den Saum einzunähen.



**Abbildung 90 Flacher Reißverschlusschieber**

### **2.1.5.8 Herausnehmbare Schnittschutzeinlage**

Aus o.g. Idee resultiert eine weitere Möglichkeit der Verbindung von Schnittschutzpad und Hose. Nämlich die, einer herausnehmbaren Einlage. Die praktische Umsetzung würde wie folgt aussehen: Der Schnittschutz wird von beiden Seiten mit Futter unterlegt und mittels Reißverschluss in die Hose eingenäht.

Durch diese Verarbeitung ergeben sich einige Vorteile:

- Die Schnittschutzeinlage kann zum Waschen herausgenommen werden. Dadurch trocknet die Hose schneller.
- Die Verarbeitung bei der Fertigung wird einfacher, da Hose und Schnittschutzpad getrennt voneinander gefertigt werden und erst am Ende der Produktionskette zusammengefügt werden. Allerdings muss präzise gearbeitet werden, damit Hose und Einlage am Ende zusammenpassen.
- Die Schnittschutzeinlage kann an anderer Produktionsstätte gefertigt werden wie die Hose und an zentraler Stelle zusammengefügt werden. Dadurch entfallen Transportkosten (Schnittschutzeinlage Fertigung in EU, woher auch Schnittschutzmaterial kommt, Fertigung der Hose in Fernost).

Laut Norm muss der Schnittschutz fest mit der Hose verbunden sein. Vermutlich wird diese Art der Befestigung von den Prüfstellen nicht akzeptiert, da eine Manipulation durch den Träger nicht ausgeschlossen werden kann.

Der Zugbelastung von 200 N (Vorgabe der Norm) würde ein Reißverschluss allerdings standhalten.

#### **2.1.5.8.1 Ausblick**

Derzeit geht die Entwicklung dahin, dass wirksamere Schnittschutzstoffe entwickelt werden, die mit weniger Lagen auskommen, flexiblere Trageeigenschaften aufweisen und trotzdem gleichbleibenden oder verbesserten Schutz bieten. Das würde das Wohlbefinden steigern, da ein dünnerer Schnittschutz weniger Gewicht, bessere Feuchtigkeitsdurchlässigkeit und mehr Bewegungsfreiheit bedeuten würden. Allerdings darf der Sicherheitsaspekt nie zu Gunsten des Tragekomforts vernachlässigt werden.

Auch Neuentwicklungen im Bereich der Oberstoffe und der dafür eingesetzten Materialien könnten ein Ansatz zur Steigerung der Schutzwirkung von Schnittschutzhosen sein. Vorstellbar sind Stoffe, welche widerstandsfähiger gegenüber der Durchtrennung durch die Motorsäge sind, so dass ein Teil der Energie absorbiert wird, bevor die Schnittschutzeinlage berührt wird. Oder aber Stoffe, die die Sägekette abgleiten lassen. Bedenkt man, in welchem Umfang in den letzten zehn Jahren Innovationen den Markt erobert haben, so kann man auf die nächste Generation von Schnittschutzhosen gespannt sein.



## 2.1.6 **Arbeitspaket 6:** Vermarktung und Verwertung

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

Wie bereits in Abschnitt 1.3 beschrieben, war in diesem Arbeitspaket geplant, ein Vermarktungs- und Verwertungskonzept der neu entwickelten Materialien zu erstellen. Aufgrund der Ergebnisse des Arbeitspakets 1, welche die Probleme mit der Alterungsbeständigkeit beschreiben sollte, wurde keine Notwendigkeit gesehen, ein neues Produkt im Sinne eines neuen Ober- oder Futterstoffes zu entwickeln. Aus diesem Grund bezieht sich die Vermarktung und Verwertung der Projektergebnisse auf neue Erkenntnisse zur Alterungsbeständigkeit von Schnittschutzhosen, die sich als deutlich alterungsbeständiger gezeigt haben, als die in den Gebrauchsanweisungen der Hersteller und in früheren Tests gezeigt hat (s. Wichmann<sup>19</sup>, 2001). Zu diesem Thema werden in den kommenden Monaten Veröffentlichungen in den einschlägigen Fachzeitschriften erscheinen, um auf die gefundenen Ergebnisse hinzuweisen. Außerdem fließen die Erkenntnisse in Beratungsgespräche mit Firmen, Arbeitgebern und Anwendern von Motorsägen ein. Auch die im Forschungskonsortium befindlichen Unfallversicherer werden ihren Versicherten die Ergebnisse zugänglich machen, sodass von einer schnellen Informationsverbreitung ausgegangen wird.

Zu Beginn des Projekts wurde im Projektkonsortium beschlossen, dass die Hochschule Reutlingen eine Website für das Projekt entwickelt. Desweiteren stellte die Hochschule Reutlingen auch Kapazität für das Hosting der Website bereit. Die Website wurde und wird noch auf einem Server der Hochschule Reutlingen gehostet.

Im Laufe des Projekts wurde die Website mehrfach erweitert und aktualisiert.

Präsentationen des Projektes und der erhaltenen Ergebnisse durch die Hochschule Reutlingen:

### **Messen/Veranstaltungen:**

20. November.2010: Tag der Offenen Tür der Hochschule Reutlingen

24.-26. Mai 2011 Messe Tectextil in Frankfurt am Main auf dem Stand der Hochschule Reutlingen

19. November 2011 Tag der Offenen Tür Hochschule Reutlingen

24. November 2012 Tag der Offenen Tür Hochschule Reutlingen November 2012

10.- 13. Juni 2013 Texprocess in Frankfurt am Main auf dem Stand der Hochschule Reutlingen

16. Juli 2013 Informationsveranstaltung für Mitglieder der Berufsfeuerwehr Reutlingen zum Thema „Sachgemäßer Umgang mit Schnittschutzhosen“

November 2013 Tag der Offenen Tür Hochschule Reutlingen,

---

<sup>19</sup> WICHMANN, S. (2001): „Untersuchung von durch Kettenkontakt unbrauchbar gewordenen Schnittschutzhosen“; Diplomarbeit der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzburg

**Vorträge:**

18. November 2010: Vortrag Maier, A., Warum altern Schnittschutzhosen?, im Rahmen des Reutlinger Forschungssymposiums

20. März 2011, Maier, A. Warum altern Schnittschutzhosen? Wissenstage Baden-Württemberg, Reutlingen,

**2.1.7 Arbeitspaket 7: Projektmanagement**

Verantwortlichkeit: Hochschule Rottenburg

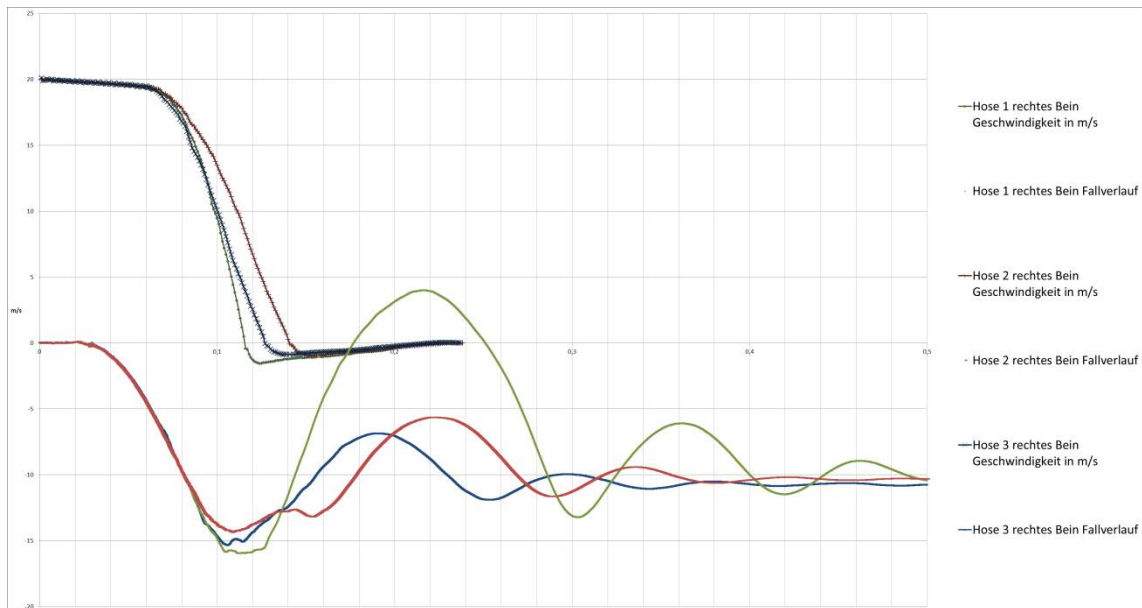
Das Projektmanagement durch die Hochschule Rottenburg bestand im Wesentlichen aus der Organisation und Dokumentation der im ca. 3-monatigen Turnus stattfindenden Projektbesprechungen und der Gesamtkoordination. An folgenden Terminen haben die insgesamt 13 Projektbesprechungen stattgefunden: 07.07.2010, 11.10.2010, 18.01.2011, 06.04.2011, 17.08.2011, 02.12.2011, 25.01.2012, 17.04.2012, 20.06.2012, 08.10.2012, 10.12.2012, 18.03.2013, 18.06.2013.

### 2.1.8 **Arbeitspaket 8:** Innovative Weiterentwicklung des Schnittschutzprüfstands und Interpretation der erfassten Messwerte

In Arbeitspaket 1 konnte nach intensiver Untersuchung der für die Veränderung der Schnittsicherheit durch Alterung möglichen Einflussfaktoren weder auf der Ebene der Einzelfäden noch auf der Ebene der Schnittsicherheit der vollständigen Pads Probleme gefunden werden, die eine Einschränkung der Schnittsicherheit von Schnittschutzhosen in der Praxis wahrscheinlich erscheinen lassen. Gleichzeitig zeigten aber die Hochgeschwindigkeitsvideos insbesondere bei den mit Öl präparierten Pads deutliche Unterschiede im Fadenzugsverhalten und, zumindest einem subjektiven Eindruck folgend, im Absenkverhalten der Sägeschiene und -kette. Es erschien deswegen wahrscheinlich, dass die Schnittschutzhosen auf dem Prüfstand keine Veränderung in den Prüfergebnissen aufweisen, dass allerdings in der realen Unfallsituation in der Waldarbeit die mit Öl in Kontakt gekommene Schnittschutzhose dennoch versagen könnte. Aus diesem Grund wurde im Mai 2012 beschlossen, den Schnittschutzprüfstand messtechnisch derart zu erweitern, dass in einem Messdiagramm das Absenkverhalten der Sägeschiene über die Zeit und die Entwicklung der Geschwindigkeit der Sägekette über die Zeit abgebildet werden. Die Weiterentwicklung des Prüfstandes, die in Abschnitt 2.1.1 (Arbeitspaket 1) näher erläutert ist, ist in Europa einzigartig. Andere normkonforme Prüfstände in Europa (Deutschland, Schweden, England, Finnland, Frankreich und Österreich) sind mit ihren Prüfständen lediglich in der Lage, als Ergebnis einer Schnittschutzprüfung zu erfassen, ob der Futterstoff der geprüften Schnittschutzhose beschädigt ist (Prüfung nicht bestanden) oder nicht (Prüfung bestanden). Aus dieser innovativen Entwicklung des Schnittschutzprüfstandes ließen sich weitere interessante Erkenntnisse ableiten, die zukünftig das Prüfgeschehen bei der Prüfung von Schnittschutzhosen wesentlich beeinflussen, zukünftige Forschungsprojekte zielführend bearbeiten und Hersteller von Schnittschutzmaterial und Schnittschutzhosen bei ihrer Entwicklungsarbeit kompetent unterstützen können.

Im ersten Zwischenbericht wurde darauf hingewiesen, dass die Überprüfung der bestehenden Materialien mehr Zeit in Anspruch nehmen wird als geplant und damit die Bearbeitung der Arbeitspakete 3 und 4 anders interpretiert werden muss. Diese Arbeitspakete wurden in der Folge der Verzögerung des Arbeitspaketes 1 und der dabei gewonnenen Erkenntnisse so interpretiert, dass eine intensivere Beschäftigung mit dem Prüfungsablauf, den zwischenzeitlich offenkundig gewordenen Prüfstandsunterschieden in Europa und der Bewertung der Aussagekraft von Prüfungen nach DIN EN 381 für die Schnittsicherheit von Schnittschutzhosen in realen Unfallsituationen, also die Validierung des Prüfablaufes, sinnvoll erscheint. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden dargestellt:

1. Aufgrund der nach dem Umbau des Prüfstands vorhandenen Messtechnik und der von der Hochschule Rottenburg nach Defekt der alten Kamera ersatzbeschafften Hochgeschwindigkeitskamera kann der gesamte Prüfungsablauf millisekundengenau dokumentiert und visualisiert werden. Dies ermöglicht, den Ablauf der Prüfung zu verstehen und im Prozess entstehende Zeitverzögerungen aufzuspüren. Das folgende Diagramm soll beispielhaft erläutern, welche Informationen mit der neuen Messtechnik erhalten werden:



**Abbildung 91: Messdiagramm: Vergleich von 3 Hosen**

Aus dem Messdiagramm in Abbildung 91 geht hervor, dass die erste Bewegung der Sägeschiene nach 25 msec. stattfindet und der Kontakt mit der Schnitthöhse nach ca. 66 msec. (vgl. Abbildung 92) erfolgt, wodurch die Sägekette schneller abgebremst wird.

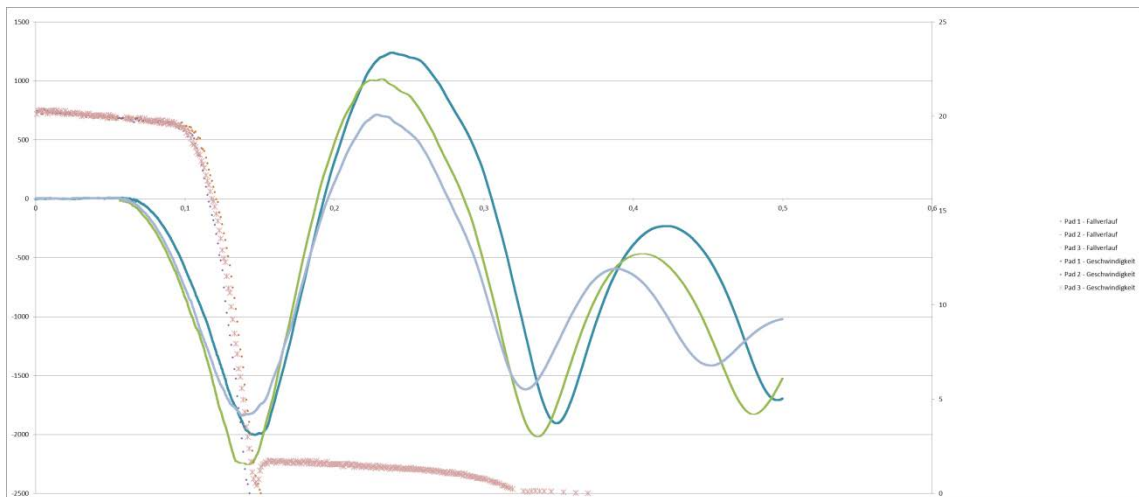


**Abbildung 92: Bild aus High-Speed-Film beim Auftreffen der Sägekette (Hose 1)**

Hieraus wird deutlich, dass im aktuellen Prüfungsablauf eine Auslöseverzögerung von 25 msec. enthalten ist, die in der Norm DIN EN 381 in dieser Form nicht vorgesehen ist, aber wohl bei jedem Prüfstand in Europa mit wahrscheinlich unterschiedlicher Dauer vorhanden ist. Die Auslöseverzögerung von 25 msec. kommt zustande, weil am Prüfstand der Hochschule Rottenburg ein pneumatischer Zylinder eingezogen wird, der dann in der Folge den Fall der Sägeschiene und -kette freigibt. Die Dauer der Auslöseverzögerung hat deswegen eine wichtige Bedeutung, weil durch die 25 msec. Auslöseverzögerung die Kettengeschwindigkeit bereits um 0,25 m/sec.

verringert ist und im Moment des Beginns des Absenkens der Schiene damit bereits außerhalb der in der Norm DIN EN 381-1 geforderten Kettengeschwindigkeitstoleranz von 20 m/sec.  $\pm$  0,2 m/sec. liegt. Es erscheint wahrscheinlich, dass andere Prüfstände in Europa ebenfalls Auslöseverzögerungen unterschiedlicher Dauer in ihren Prüfabläufen haben, ohne diese allerdings quantifizieren zu können. Damit sind Vergleiche zwischen den Prüfständen in Europa nicht möglich, obwohl eine möglichst gute Einheitlichkeit der Messergebnisse angestrebt wird, was durch die Forderung nach regelmäßig durchzuführenden vergleichenden Round-Robin-Tests deutlich wird.

Für den Prüfstand der Hochschule Rottenburg liegen noch ältere Daten aus dem Monat November 2013 vor, als nach ersten Testläufen mit der neuen Messtechnik deutlich wurde, dass die Auslöseverzögerung in der damaligen Gestaltung des Prüfstandes bei 60 msec. mit einem Verlust an Kettengeschwindigkeit von 0,5 m/sec. einhergeht (sAbbildung 93)



**Abbildung 93: Messdiagramm mit altem Pneumatikzylinder**

Diese Erkenntnis war der Grund dafür, dass am Prüfstand der Hochschule Rottenburg sowohl ein neuer Pneumatikzylinder mit größerer Kolbenfläche und folglich schnellerer Ausrückgeschwindigkeit und ein schneller schaltendes Ventil eingesetzt wurden. Die nun noch vorhandene Auslöseverzögerung von 0,25 msec. könnte steuerungstechnisch über die optimierte Steuerungssoftware eliminiert werden. Allerdings besteht die Vermutung, dass die anderen Prüfstände in Europa deutlich längere Auslöseverzögerungen beinhalten und sich der Prüfstand der Hochschule Rottenburg damit weiter von den anderen Prüfständen entfernen würde. Aus diesem Grund wird aktuell mit dem in Abbildung 80 dargestellten Ablauf als Status Quo gearbeitet, bis von den anderen Prüfständen in Europa verbindliche Auskünfte über deren Auslöseverzögerungen zu bekommen sind.

**Die Konsequenzen** der unterschiedlichen Auslöseverzögerungen der Prüfstände in Europa bestehen darin, dass die unterschiedlichen Kettengeschwindigkeiten, die beim Auftreffen der Sägekette auf die Schnittschutzhose bestehen, durch eine höhere oder geringere Kettenschärfe kompensiert werden müssen. Die Kettenschärfe der normkonformen Prüfstände werden alle mit denselben Kalibrierpads eingestellt (Fa. Engtex, Schweden): Der Futterstoff dieser Kalibrierpads muss bei einer Kettengeschwindigkeit von 21 m/sec. durchtrennt werden und darf bei einer Kettengeschwin-

digkeit von 19 m/sec. nicht durchtrennt werden. Dadurch ist es möglich, dass ein Prüfstand mit einer längeren Auslöseverzögerung diese mit einer höheren Kettenschärfe kompensiert. Dadurch entstehen allerdings grundsätzlich unterschiedliche Anforderungen an die geprüften Schnittschutzeinlagen:

Während auf einem Prüfstand mit einer langen Auslöseverzögerung und dadurch bedingt scharfen Kette die Fäden der Schnittschutzeinlage sehr schnittfest oder / und die Fäden nicht so fest in das textile Flächengebilde eingebunden sein muss, muss auf einem Prüfstand mit kurzer Auslöseverzögerung und weniger scharfer Kette von dem textilen Flächengebilde mehr Energie aufgenommen werden, die Anforderungen an die Einzelfäden sind aber deutlich geringer. Die auf den Prüfständen unterschiedlichen Parameter bei der Schnittprüfung sind also vermutlich Auftreffenergie und Kettenschärfe.

Für die Hersteller von Schnittschutzeinlagen bedeutet dies, dass es ein sehr großer Aufwand ist, wenn diese auf allen Prüfständen in Europa mit ihren Schnittschutzeinlagen die Prüfung bestehen wollen. Dieser Aufwand besteht in erster Linie aus einer sehr hohen finanziellen Belastung und in einer deutlichen Verzögerung des Markteintritts bis hin zu einer Verschlechterung der Marktchancen aufgrund der Verzögerungen.

Für die Anwender und die Konfektionäre von Schnittschutzhosen bedeutet die beschriebene Situation, dass Innovationen im Bereich der Schnittschutzeinlagen nicht so schnell oder gar nicht in den Handel gelangen und große Unsicherheiten am Markt entstehen, wenn bekannt wird, dass Schnittschutzeinlagen auf einzelnen Prüfständen in Europa bestanden haben, auf anderen Prüfständen aber nicht bestanden haben. Diese Details der Prüfstandsunterschiede und deren Konsequenzen lassen sich nur sehr schwer am Markt kommunizieren, weil der Endverbraucher meist nicht erreicht werden kann.

Ein weiterer Aspekt, der durch die exakte Dokumentation des Prüfungsablaufes erkannt wurde soll am Rande kurz erläutert werden: Bei der Durchführung von Prüfungsreihen wurde erkannt, dass bei der jeweils ersten Messung einer jeden Testreihe eines Tages die Auslöseverzögerung länger ist als bei den folgenden Testreihen desselben Tages. Diese Verzögerung beträgt lediglich 7 msec., verschlechtert allerdings geringfügig die Vergleichbarkeit der Ergebnisse innerhalb einer Messreihe und die Reproduzierbarkeit der erhobenen Daten. Als Folge dieser Erkenntnis wird nun vor der ersten Prüfung der Pneumatikzylinder, der das Fallen der Sägeschiene in das Schnittschutzmaterial freigibt, eingezogen und wieder ausgefahren. Mit dieser einfachen Maßnahme wird der Unterschied der Auslöseverzögerung wirksam unterbunden.

2. Eine wichtige Erkenntnis, die sich aus der neuen Messtechnik des umgebauten Prüfstandes ergibt, bezieht sich auf den Zeitpunkt des Stillstandes der Sägekette im Verhältnis zur Position der Sägeschiene zu diesem Zeitpunkt:

Wie in Abbildung 91 zu erkennen ist, hat die geprüfte Hose 2 die längste Kettenstoppzeit (Kettengeschwindigkeit „0“ bei 140 msec.). Gleichzeitig wird der niedrigste erreichte Punkt der Sägekette (-14,3 mm) bei 110 msec erreicht. Bei 110 msec beträgt die Geschwindigkeit der Sägekette noch 10,4 m/sec. Danach bewegt sich die Sägeschiene aufgrund des gestauchten Schaumstoffes, der sich unter der Probe befindet, nach oben. Die Sägekette läuft ohne Kontakt mit dem Schnittschutzmaterial

aus. Bei Hose 1 wird der Kettenstopp bereits nach 115 msec. erreicht, der niedrigste Punkt der Sägeschiene (-15,9 mm) ist hier ebenfalls bei 115 msec. Hieraus kann vermutet werden, dass in einer realen Unfallsituation, bei der sich kein Schaumstoff unter der Schnitzzuschutzhose befindet, die Auftreffkraft ggf. höher ist als die Auftreffkraft der Sägekette am Prüfstand von 15 N oder die Kettengeschwindigkeit höher ist als 20 m/sec. die Hose 1 ein höheres Sicherheitsniveau bietet als Hose 2. Wird gleichzeitig berücksichtigt, dass das Schnitzzuschutzmaterial der Schnitzzuschutzhose 2 das neuere auf dem Markt befindliche Schnitzzuschutzmaterial ist und mit lediglich 6 Lagen die von der DIN EN 381 geforderte Sicherheit erfüllt, muss hinterfragt werden, ob es sich bei den Entwicklungen der vergangenen Jahre um eine gefährliche Fehlentwicklung handelt. Nachdem eine Validierung der Schnitzzuschutzprüfung auf der Grundlage realer Unfälle in der Praxis nicht möglich ist, soll diese Frage im Rahmen eines Schnitzzuschutzforums geklärt werden, bei dem am 7. Mai 2014 Technische Aufsichtsbeamte von Berufsgenossenschaften, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Sicherheitsbeauftragte, Forstpraktiker, Hersteller und Konfektionäre von Schnitzzuschutzmaterial und Händler von Schnitzzuschutzhosen in die Interpretation der gewonnenen Erkenntnisse einbezogen werden sollen. Derzeit sollen aus diesem Grund noch keine konkreten Interpretationen zu diesen Auffälligkeiten beschrieben werden. Es ist durchaus möglich, dass andere auf dem Markt befindlichen Schnitzzuschutzhosen ebenfalls kritische Merkmale aufweisen, deren Kenntnis sich erst durch die Anwendung der neuen Messtechnik in den nächsten Monaten oder Jahren herausstellt.

3. Entwicklung einer reproduzierbaren Methode zur Schärfung einer kalibrierten Sägekette:

Wie oben bereits beschrieben, kommt der Kettenschärfe bei der reproduzierbaren Durchführung von Schnittprüfungen eine wesentliche Bedeutung zu. Aus diesem Grund wurde auch an diesem Aspekt geforscht, wobei eine gute und reproduzierbare Methode gefunden werden konnte. Die Schärfe eines Zahnes einer Motorsägenkette wird definiert durch die Schärfe und den Schärfwinkel der Zahn- und der Brustschneide und durch den Höhenunterschied zwischen Zahnschneide und Tiefenbegrenzer (Abbildung 94):



Abbildung 94: Aufbau Sägekette

Ausgehend von der Situation, dass eine fabrikneue Sägekette auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg zu einer Durchtrennung des Kalibrierpads bei 19 m/sec. führt, die Kette also zu scharf ist, besteht nun die Möglichkeit, die Schärfe der Kette durch eine Verringerung des Schärfwinkels an Zahn- und Brustschneide zu verringern (was in der Praxis zu einer höheren Schnitthaltigkeit führen würde). Dieses Vorgehen erwies sich bei Versuchen allerdings als nicht zielführend, weil der jeweils um  $1^\circ$  veränderte Schärfwinkel am Schärfautomat (Fa. Franzen, Kettenschärfautomat SA 6) nicht ausreichend exakt reproduzierbar einstellbar war. Aus diesem Grund wurde ein anderes Vorgehen erfolgreich getestet:

Wird unter Beibehaltung des Zahnschneide- und Brustwinkels lediglich die Zahnlänge verringert, so verringert sich in kleinen Schritten die Öffnungsweite des Futterstoffes der Kalibrierpads bei 19 m/sec. Kettengeschwindigkeit. Dieses Vorgehen kann solange wiederholt werden, bis schließlich der Abstand zwischen Tiefenbegrenzer und Zahnschneide so groß geworden ist, dass das Kalibrierpadd bei 19 m/sec. Kettengeschwindigkeit nicht durchtrennt wird. Der Tiefenbegrenzer darf hierbei nicht zusätzlich verändert werden, weil ansonsten zwei relevante Parameter geändert würden und die Ergebnisse nicht exakt reproduzierbar wären. Dieses Vorgehen hat sich am Prüf-



stand der Hochschule Rottenburg als hoch reproduzierbar erwiesen. Wenn die Zahnlänge, die im Originalzustand der Sägekette 9,7 mm beträgt, auf 6,5 mm verkürzt wird, wird bereits mit dem ersten Kalibrierversuch ein exakt korrektes Ergebnis erzielt. Zu klären ist noch, warum das Kalibriepad auf die beschriebene Art reagiert: Es besteht die Möglichkeit, dass aufgrund der kürzeren Zahnlänge und des damit größer gewordenen Abstandes zwischen Zahnschneide und Tiefenbegrenzer mehr Fäden aus dem Schnittschutzmaterial gesammelt werden und damit ein schnellerer Kettenstopp verursacht wird oder dass aufgrund des geringeren Höhenunterschiedes zwischen Tiefenbegrenzer und Zahnschneide die Sägekette eher über das textile Flächengebilde „rutscht“. Hierüber sind in einem für die Jahre 2014/15 geplanten Forschungsprojekt weitere Erkenntnisse zu erwarten.

### **Gegenwärtige Situation und Ausblick:**

Die Erfassung und Dokumentation von Messdaten in der beschriebenen Qualität ermöglicht eine neue Bewertung von auf dem Markt befindlichen Schnittschutzhosen und von in der Entwicklung befindlichen Schnittschutzeinlagen. Diese Daten und deren Interpretationsmöglichkeiten werden aktuell und können zukünftig auf vielfältige Art genutzt werden:

- Forschungsprojekt zur Optimierung des Tragekomforts und der Schnittsicherheit von Arbeitshosen für die Motorsägearbeit: Das Projekt wird von der Sozialversicherung Landwirtschaft Forsten und Gartenbau (SVLFG) mit 80.000,- € gefördert und erweitert nochmals die vorhandenen innovative Messtechnik des Prüfstands der Hochschule Rottenburg. Neben den darstellbaren Fall- und Geschwindigkeitsverläufen misst der Prüfstand nach einer erneuten Erweiterung zusätzlich das durch die eindringende Sägekette das entstehende Drehmoment an der Fixierung der Schnittschutzhose. Hiervon werden Erkenntnisse zur Verdrehneigung der Schnittschutzhosen in der Unfallsituation und über die Optimierungsmöglichkeiten des im textilen Flächengebilde verwendeten Garnmaterials erwartet. Erste Ergebnisse aus diesem Projekt sind vielversprechend, werfen aber weitere konkretisierende Fragestellungen auf, die in Folgeprojekten bearbeitet werden sollen.
- Forschungsprojekt zur Entwicklung eines innovativen Schnittschutzmaterials für Schnittschutztiefel: Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit ca. 173.000,- € für den Anteil der Hochschule Rottenburg finanzierte Projekt erforscht die Einsatzmöglichkeiten von Faserverbundmaterialien als Schnittschutz. Das Projekt baut wesentlich auf die erfolgten Umbaumaßnahmen auf und nutzt die Erkenntnisse aus dem entstehenden Datenmaterial für eine konsequente Entwicklungsarbeit. Insbesondere die Daten der Geschwindigkeits- und Fallentwicklung stellen eine gute Grundlage für die benötigten Optimierungen dar.
- Auf Veranlassung der SVLFG ist Prof. Dr. Dirk Wolff seit März 2014 Mitarbeiter im Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung des Deutschen Instituts für Normung e. V. und soll zusammen mit der SVLFG neue Impulse für die Weiterentwicklung der Prüfabläufe geben. Geplant sind hierbei die Integration einer maximal tolerierten Kettenstoppzeit und ein Prüfschnitt im 90°-Winkel in die Norm DIN EN 381.

- Die detaillierten Messwerte, die im Rahmen von Schnittschutzprüfungen am Prüfstand der Hochschule Rottenburg entstehen, sollen zukünftig einem möglichst breiten Nutzerkreis zur Verfügung gestellt werden. Dadurch könnte ein erster Schritt in Richtung mehr Transparenz an dem derzeit für Endanwender sehr undurchsichtigen und verwirrenden Markt geschaffen werden. Aktuell wissen die Käufer von Schnittschutzhosen lediglich, dass die Hosen auf einem Prüfstand in Europa dem Normschnitt nach DIN EN 381 standgehalten haben. Eine weitere Differenzierung des angebotenen Sicherheitsstandards ist für den Endverbraucher aktuell nicht möglich. Sobald nach dem 1. Rottenburger Schnittschutzforum am 7. Mai 2014 eine Interpretationsmöglichkeit für die Messdaten etabliert wurde, ist eine stärkere Differenzierung der am Markt angebotenen Schnittschutzhosen für den Endverbraucher möglich. Daraus besteht die Hoffnung, dass die Hersteller und Konfektionäre von Schnittschutzhosen in einen stärkeren Wettbewerb einsteigen, welcher Anbieter die sicherste Hose bei gleichzeitig bestem Tragekomfort anbieten kann. Aktuell ist die Sicherheit im Wettbewerb aufgrund fehlender Differenzierungsmöglichkeiten ausgeklammert. Auch wenn diese Entwicklung mehrere Jahre in Anspruch nehmen wird, ist es ein lohnender Schritt in Richtung mehr Offenheit und Klarheit in den Schnittschutzmarkt zu bekommen.
- Hersteller und Konfektionäre, die sich am Markt stärker wettbewerbsorientieren möchten, finden mit dem neuen Schnittschutzprüfstand der Hochschule Rottenburg eine optimale Unterstützung für ihre Entwicklungsarbeit und die Herstellung von vergleichbaren Messdaten ihrer Produkte vor. Diese kann von jedem Hersteller und Konfektionär zu gleichen Bedingungen genutzt werden.

---

## 2.2 Wichtigste Positionen und zahlenmäßiger Nachweis

### Hochschule Rottenburg:

Entsprechend den Anlagen 2 und 3 ergeben sich folgende Positionen:

• 0812+0817 (Entgelte):	132.767,02 €
• 0822 (Beschäftigungsentgelte):	22.969,98 €
• 0834 (Mieten):	3.428,23 €
• 0835 (Vergabe v. Aufträgen):	20.876,05 €
• 0843 (Verbrauchsmaterial):	2.592,35 €
• 0846 (Dienstreisen):	2.377,96 €
• <u>0850 (Gegenstände + Invest.):</u>	<u>29.123,45 €</u>

**Summe: 214,135,04 €**

Die Partnerbeteiligung für beide Hochschulen betrug 105.250,- €

### Hochschule Reutlingen:

Wie in den Anlagen 2 (Verwendungsnachweis: Inventarverzeichnis/Geräteliste) und Anlage 3 (zahlenmäßiger Verwendungsnachweis: Bestätigung der Partner-Beteiligung) dargestellt, wurden an der Hochschule Reutlingen Geräte im Wert von €26.741,63 angeschafft. Die Partnerbeteiligung für beide Hochschulen betrug €105.250.-.

## 2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

### Hochschule Rottenburg:

Die Hochschule Rottenburg beschäftigte über die gesamte Projektlaufzeit zwei Projektmitarbeiter mit einem Beschäftigungsumfang von je 50%. Einer der beiden Projektmitarbeiter war vorwiegend für die Projektadministration, die Koordination des Netzwerks, die Erstellung der Zwischen- und Abschlussberichte und der Durchführung und Dokumentation der Testreihen am Schnittschutzprüfstand zuständig. Der zweite Projektmitarbeiter entwickelte Ideen für die Weiterentwicklung des Schnittschutzprüfstands der Hochschule und unterstützte die Umsetzung der Weiterentwicklung, die durch einen Dienstleister erfolgte. Diese Arbeit war insbesondere deswegen erforderlich, weil im Projektverlauf deutlich wurde, dass für die Interpretation der Testergebnisse keine ausreichende Datengrundlage besteht. Vor dieser Situation stehen alle akkreditierten Prüfstände in Europa: Die Ergebnisse, die bei allen akkreditierten Prüfstellen in Europa generiert werden können, besagen lediglich, ob ein Test zum Bestehen oder zum Durchfallen der Schnittschutzhose nach DIN EN 381-5 führt und ggf. welche Lochgröße bei dem Test entstanden ist. Nachdem bereits in einer frühen Phase des Projektes erkannt wurde, dass Testergebnisse mit dem bislang verfügbaren Stand des Wissens nicht erklärbar waren, wurde die Entscheidung für die Weiterentwicklung des Prüfstands getroffen.

Neben den beiden Projektmitarbeitern beschäftigte die Hochschule Rottenburg temporär studentische Hilfskräfte insbesondere für die exakte Auswertung der Testergebnisse.

Außerdem wurde das Forschungsprojekt durch zwei Bachelorarbeiten unterstützt, die sich mit Teilbereichen der Fragestellung des Forschungsthemas beschäftigten. PUM (2012) konnte mit seiner Arbeit wichtige Erkenntnisse zum Trage- und Pflegeverhalten der Anwender

von Schnittschutzhosen beitragen, während sich SCHIRMER (2013) mit der Sicherheit der von den Bayerischen Staatsforsten ausgesonderten Schnittschutzhosen beschäftigte und damit zeigen konnte, dass nach einer 3- bis 4-jährigen Tragedauer der Sicherheitsstandard geringfügig abnimmt.

#### Hochschule Reutlingen:

Die Hochschule Reutlingen hat über die gesamte Projektlaufzeit kontinuierlich Studierende sowohl im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten als auch als wissenschaftliche Hilfskräfte in die Forschungsaktivitäten einbezogen. Hierdurch konnte eine Vielfalt von Untersuchungen durchgeführt werden sowie weitreichende Interpretationen der gefundenen Ergebnisse erfolgen, die wesentlich zum Projektergebnis beigetragen haben. Insgesamt entstanden hier 6 Bachelor-Abschlussarbeiten, 1 Masterabschlussarbeit und 9 Projektarbeiten.

Ein Mitarbeiter arbeitete kontinuierlich über die gesamte Projektlaufzeit hinweg am Projekt. Neben der Durchführung allfällig anfallender textiltechnischer Versuche koordinierte er alle im Projekt getätigten Arbeiten inklusive der Betreuung der Studenten, unterstützte die Projektleitung und war zuständig für die ordnungsgemäße Abfassung der Zwischenberichte. Er bereitet die in Reutlingen durchgeführten Projektsitzungen vor und hielt den notwendigen Kontakt zu den Projektpartnern. Im Rahmen des Arbeitspakets 6 entwickelte und pflegte er die Website des Projekts.

Eine Mitarbeiterin beschäftigte sich mit einem besonderen bekleidungstechnischen Teil (Arbeitspaket 5) des Projektes in einer 50% Stelle über 16 Monate hinweg bei einer Gesamtprojektlaufzeit von 36 Monaten + 2 Monaten ausgabenneutraler Verlängerung.

Weitere Mitarbeiter des Reutlinger Research Instituts – RRI wurden bei bestimmten Problemstellungen in das Projekt eingebunden, z.B. für textilchemische Materialbestimmungen. Neben den Einrichtungen des Reutlinger Research Instituts - RRI standen allen eingebundenen Mitarbeitern sowohl das textiltechnische Prüflabor der Fakultät Textil & Design als auch die Zuschnitt- und Nähsaaleinrichtungen zur Verfügung.

## **2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

#### Hochschule Rottenburg:

Die Ergebnisse und Entwicklungen des abgeschlossenen Forschungsprojektes gehen auf vielfältige Weise in zukünftige Projekte ein:

- Weiterführende Forschungsprojekte:
  1. Das Projekt mit dem Namen „Erforschung der Einflussmöglichkeiten einer physiologisch optimierten Schnittschutzhose auf das Unfallgeschehen in der Waldarbeit durch Verbesserung der Konzentrations- und Leistungsfähigkeit von Motorsägenführern (EpoS)“ wird mit 80.000,- € von der Sozialversicherung Landwirtschaft Forsten und Gartenbau (SVLFG) finanziert. Folgende Partner arbeiten in diesem Projekt mit: Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Ver-

sorgungsforschung, Universitätsklinikum Tübingen, Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH, Fa. Rökona Textilwerk GmbH

2. Das Projekt „Optimierung von Schnitenschutzstiefeln für die Motorsägenarbeit durch Verwendung von Faserverbundwerkstoffen als Schnitsschutzeinlage“ (OSMoFaS)“ ist ein ZIM-Projekt gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Dieses finanziert mit ca. 173.000,- € den Anteil der Hochschule Rottenburg an diesem Projekt. Als Projektpartner arbeiten die Firmen Buck GmbH & Co. KG und Reck & Sohn GmbH in diesem Projekt.
- Nutzung der Erkenntnisse und Projektentwicklungen:
    1. Der im abgeschlossenen Projekt und in den laufenden Folgeprojekten durchgeführte intensive Umbau des Schnitenschutzprüfstands versetzt die Hochschule Rottenburg in die Lage, eine neue Methode der Erfassung und Bewertung der Schnitssicherheit von Schnitsschutzhosen zu entwickeln. Diese neue Methode der Bewertung wird erstmals im Jahr 2014 im Rahmen eines vom Deutschen Landwirtschaftsverlag (DLV) initiierten Tests an High-End-Schnitsschutzhosen vorgestellt. Die Methode wird vor der Veröffentlichung mit einem Expertengremium im Rahmen eines „Rottenburger Forums für Schnitsschutz“ diskutiert und weiterentwickelt. Die Ergebnisse dieser Testreihe und die neue Bewertungsmethode sollen im Rahmen der Fachmesse Interforst 2014 in München vorgestellt werden.
  - geplante Aktivitäten in den Jahren 2014 / 2015:
    1. In der Folge des als Vorstudie für ein größeres Projekt geplanten Forschungsprojektes EpoS (s.o.) soll gegen Ende des Jahres 2014 ein größeres Forschungsprojekt mit dem Konsortium des Projektes EpoS durchgeführt werden. Diesbezüglich muss eine entsprechende Ausschreibung abgewartet werden.
    2. Im Jahr 2014 wird die Hochschule Rottenburg (Prof. Dr. Dirk Wolff) die aktive Mitarbeit im Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung des DIN beginnen. Die im Rahmen des abgelaufenen Forschungsprojektes und danach gewonnenen Erkenntnisse über Probleme mit der Unterschiedlichkeit der in Europa eingesetzten Schnitsschutzprüfstände, die Probleme mit der Praxisrelevanz der bestehenden Norm DIN EN 381 und die Möglichkeiten einer reproduzierbaren Kalibrierung von Schnitsschutzprüfständen qualifizieren für die Mitarbeit in diesem Normungsausschuss.
    3. Im Jahr 2014 wird sich die Hochschule Rottenburg an der Beantragung eines großen Verbundprojektes beteiligen, bei der eine sensorbasierte Schutzmöglichkeit für Anwender handgeführter gefährlicher Arbeitsgeräte entwickelt werden soll. Die Bearbeitung dieses Projektes wird im Jahr 2015 stattfinden. Am Beispiel der Motorsäge sollen die Realisierungsmöglichkeiten konkretisiert werden. In dieses Projekt sollen insbesondere die

Erkenntnisse zu Problemen mit der bestehenden Norm DIN EN 381 aus dem abgelaufenen Forschungsprojekt eingebracht werden und diese gleichzeitig als Basis für eine neu zu entwickelnde Prüfung für sensorbasierte Schutzbekleidung dienen.

#### Hochschule Reutlingen:

Die im Forschungsprojekt erhaltenen Erkenntnisse bezüglich des Verhaltens textiler Fasern und Flächen im Alterungsprozess fließen sowohl in die Lehre als auch in künftige Forschungsaktivitäten der Hochschule Reutlingen ein.

#### Weiterführende Forschungsprojekte:

Die gewonnenen Erkenntnisse bez. der Eigenschaften der eingesetzten Oberstoffe und Schnitzzuschutzeinlagen führt dazu, alternative Materialien in Oberstoffe zu integrieren, die eine eigene Schutzwirkung haben soll. Beim Kontakt mit der Motorkettensäge soll diese stark abgebremst werden ehe es zur Durchtrennung des Oberstoffes kommt. Ziel ist es, die Trageigenschaften dergestalt zu optimieren, dass Tragekomfort und Sicherheit gewährleistet sind. Bisher auf diesem Gebiet nicht eingesetzte Materialien in Kombination mit innovativen Flächenkonstruktionen sollen den Schnitzzchutz bieten. Diese Entwicklungen können dann auch für andere Arten der Schutzbekleidung wie für den Schutz vor Angriffen auf Personen, Schutz vor Vandalismus und auch weitere Einsatzgebiete wie z.B. Motorradbekleidung oder Bekleidung im Sport- oder Outdoorbereich verwendet werden.

Zeithorizont: 2015 – 2017

#### Weiterführende Abschluss- und Projektarbeiten:

Im Sommersemester 2014 wird in Zusammenarbeit mit einem führenden Hersteller von Motorkettensägen und Schnitzzuschutzhosen eine Bachelorarbeit zum Thema „Verbesserung von Schnitzzuschutzhosen“ bearbeitet.

Ab Wintersemester 2014/2015 sind folgende Themen für Projekt- und Abschlussarbeiten vorgesehen.

- „Untersuchung der Vernähung von Schnitzzuschutzmaterial und Futterstoff. Prüfung des Einflusses zusätzlicher Längsnähte bei der Vernähung“.
- „Untersuchung des Einflusses von UV mit und ohne Bewitterung im einfachen – und Wendelauf“
- Untersuchung der Transmissionsrate unterschiedlicher Einlage- und Oberstoffe
- Untersuchung abgelegter Schnitzzuschutzhosen und Vergleich hinsichtlich Materialzusammensetzung, Vernähung und Schnitzzicherheit mit Hosen verschiedener aktueller Hosenanbieter.

Passformbedingte Gefährdungen für den Hosennutzer sollen mittels Computersimulation untersucht und anschließend soll eine entsprechende Optimierung der passformrelevanten Schnittteile erfolgen. Bezüglich der Passformkontrolle werden die folgenden Themen definiert:

- 3-Dimensionale Darstellung von Schnitzzuschutzhosen mittels Vidya zur Ermittlung besonders gefährdeter Zonen mit anschließender Schnittoptimierung.
- Vergleich auf dem Markt befindlicher Schnitzzuschutzhosen bezüglich der Konfektionsgröße unter Einbeziehung der 2009 abgeschlossenen Reihenmessungen „Size-GERMANY“.

## **2.5 Fortschritte anderer Stellen, die während der Durchführung des Projektes bekannt geworden sind**

Es ist nicht bekannt, dass andere Stellen nennenswerte Forschungsarbeit leisten. Hierzu wurden insbesondere die Aktivitäten des zweiten in Deutschland befindlichen akkreditierten Prüfstands für Schnitenschutzmaterial abgefragt. Neben regelmäßigen Baumusterprüfungen an neu auf den Markt kommenden Schnitenschutzhosen trug das Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e. V. in der Projektlaufzeit nicht zu forschungsrelevanten Erkenntnissen bei. Es konnte lediglich in Zusammenarbeit mit dieser Teststelle und der schwedischen Teststelle SMP gefunden werden, dass die Prüfstände in Europa bei schnell stoppenden Schnitenschutzmaterialien zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen.



## 2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

### 2.6.1 Bachelor- Master- und Projektarbeiten

Sowohl an der Hochschule Rottenburg als auch an der Hochschule Reutlingen sind eine ganze Reihe von Projekt- und Abschlussarbeiten durchgeführt worden (siehe Kap. 1.2.1.1. und 1.2.1.2.).

Dies waren 2 Bachelorarbeiten an der Hochschule Rottenburg sowie 6 Bachelorarbeiten, eine Masterarbeit und 9 Projektarbeiten an der Hochschule Reutlingen.

Die Ergebnisse aller Arbeiten sind in diesen Abschlussbericht mit eingeflossen.

### 2.6.2 Publikationen:

Maier, A., Raabe, G. Textile Network, Meisenbach Verlag, Bamberg, November 2013

Maier, A., Deutsche Feuerwehrzeitung Brandschutz 10/13, „Schnittschutzhosen bei der Feuerwehr“, Kohlhammer Verlag Oktober 2013, S. 777 ff.

Wolff, D. (2012): TASPO Baumklettern, „Probleme bei Schnittschutzhosen“ 1/2012, S. 24 ff

Klaiber, W.; Wolff, D.; Maier, A. (2014): „Veränderung der Sicherheit von Schnittschutzhosen durch Waschen“; AFZ DerWald 3/2014; S. 42-43; ISSN 1430-2713

Maier, A. Optimierung von Schnittschutzhosen mittels Schnittgestaltung. Forschungsmagazin der Hochschule Reutlingen, Ausgabe 2014

### 2.6.3 Weitere geplante Publikationen

Maier, A. Wolff, D. „Einfluss von Kraftstoff und Kettenschmieröl auf das Alterungsverhalten von Schnittschutzhosen“ (abgegeben Jan. 2014, AFZ DerWald)

Maier, A. Wolff, D. „Untersuchungen über den Einfluss von Sonnenstrahlen auf die Sicherheit von Schnittschutzhosen“

Wolff, D.; Brand, H.; Schirmer, S.: Untersuchung der Schutzwirkung mehrjährig getragener Schnittschutzhosen

### **3 Kurzfassung des wesentlichen fachlichen Inhalts des Schlussberichts**

Der Abschlussbericht zum Projekt ESiMoVA konzentriert sich im Wesentlichen auf die Punkte

- Beschreibung der Anforderungen an den Oberstoff
- Beschreibung der Gebrauchsfunktionen
- Test der Alterungsstabilität der eingesetzten Schnittschutzmaterialien
- Entwicklung von neuen Schnitten und Modellen
- Vermarktung und Verwertung

Ausgehend von dem Grundgedanken, dass die in den Schnittschutzhosen eingenähten sicherheitsrelevanten Gewirke einer Alterung unterliegen wurde zum Einen die Alterungsbeständigkeit der Gewirke untersucht, zum anderen die Fähigkeit der Oberstoffe, den Einfluss auf den Schnittschutz so weit wie möglich zu reduzieren.

Somit wurden die Schnittschutzmaterialien verschiedenen Medien ausgesetzt. Dies waren Waschen mit und ohne Schleudern sowie zusätzlichem Einsatz von Weichspüler, Hitze ganz allgemein, Kraftstoff, Kettenschmieröl, Schweiß alkalisch und sauer, UV-Strahlung sowie Motorenabgase. Mit Ausnahme von UV-Strahlung konnte bei keinem der anderen Medien eine signifikante Verschlechterung der Höchstzugkräfte der eingesetzten Garne ermittelt werden. Diese Ergebnisse wurden bei entsprechenden Schnitttests auf dem Prüfstand der Hochschule Rottenburg bestätigt.

Aufgrund dieser Ergebnisse konnte die geplante Definition eines Altersrahmens für Schnittschutzhosen, wie sie in Arbeitspaket 1 vorgesehen war, nicht erstellt werden.

Um die Schnittschutzeinlage vor der einzigen nachgewiesenen Alterung durch UV-Strahlung zu schützen wurde der darüber liegende Oberstoff unterschiedlichen Tests im Hinblick auf die Durchlässigkeit von UV-Strahlung und zusätzlich noch auf die von flüssigen Substanzen hin untersucht. Da sich unterschiedlichste Oberstoffe auf dem Markt befinden konnten hier lediglich Hinweise auf besonders UV-undurchlässige Stoffe gegeben werden.

Die Entwicklung eigener neuer Oberstoffe und Futterstoffe stellte sich als nicht notwendig heraus, da es diesen Anforderungen entsprechend genügend Oberstoffe und Futterstoffe auf dem Markt gibt. Auf eine zusätzliche Garnrüstung wurde im Hinblick auf den Tragekomfort, der über eine möglichst hohe Durchlässigkeit zum Abtransport von Schweiß verfügen soll, verzichtet.

Eine Untersuchung der Gebrauchsfunktionen und den diesbezüglich Anforderungen an die Schnittschutzhosen wurden als Basis für die Entwicklung neuer Hosenmodelle genommen. Diese Hosenmodelle wurden in den Labors der Hochschule Reutlingen in verschiedenen Ausführungen produziert und von Waldarbeitern im Tragetest beurteilt. Auf Basis der Rückmeldungen erfolgte eine weitere Optimierung.

Im Rahmen eines eher zufälligen Kontaktes zur Berufsfeuerwehr Reutlingen ergab sich die Möglichkeit, über 20 Jahre alte Hosen zu untersuchen und zu testen. Erstaunlicherweise bestanden diese Hosen den Sicherheitstest auf dem Prüfstand des KWF, so dass die zuvor

im Labor mit neuen Materialien gefundenen Erkenntnisse, dass keine Alterung stattfindet, auch hier nochmals bestätigt wurden. Ein ähnliches Ergebnis wurde durch die Bearbeitung einer Bachelorarbeit an der Hochschule Rottenburg ermittelt. Dabei wurden ausgesonderte Schnittschutzhosen der Bayerischen Staatsforsten auf eine Änderung des Sicherheitsstandards untersucht. Die Ergebnisse weisen lediglich eine geringfügige Verschlechterung des Sicherheitsstandards nach einer 3- bis 4-jährigen Tragezeit aus.

Als Nebenergebnis des abgeschlossenen Forschungsprojektes wurden neue Erkenntnisse über die Auswirkungen des Einsatzes von besonders reiß- und schnittfesten Garnen als Schnittschutzmaterial gewonnen, die dem bisherigen Stand der Technik entgegenstehen. Aus diesen Erkenntnissen kann vermutet werden, dass die in der Norm DIN EN 381 definierten Prüfbedingungen dazu führen, dass in der Praxis die für die Unfallprävention besonders gut geeigneten Garne negativer bewertet werden als dies in der praktischen Unfallsituation der Fall wäre. Diese Erkenntnisse können gleichzeitig sehr gut für die Entwicklung neuer Schnittschutzhosenmodelle und für die Bewertung der Sicherheit von Schnittschutzhosen verwendet werden.

Im Rahmen von Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und weiteren Präsentationen auf Fachmessen und Veranstaltungen der beteiligten Hochschulen wurden und werden in Zukunft die Projektergebnisse sowohl Anwendern von Motorkettensägen als auch einem breiteres Publikum vorgestellt.

## 4 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Zeitlicher Ablauf.....	20
Abbildung 2: Prüfstand (1) nach DIN 381-1 mit Steuerkonsole (2).....	24
Abbildung 3: CAD-Ansicht der neuen Schwenkeinheit.....	26
Abbildung 4: Höhenverstellbarer Prüftisch mit Sägeeinheit und Aufspannvorrichtung .....	27
Abbildung 5: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 13, 20, 30, 40 und 50 Waschungen .....	30
Abbildung 6: Höchstzugkraft [N] der Kettgarne nach 13, 20, 30, 40 und 50 Waschungen .....	30
Abbildung 7: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20, 25 und 50 Waschungen .....	31
Abbildung 8: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20, 25 und 50 Waschungen .....	31
Abbildung 9: Wirkung von Waschen auf die Schnittsicherheit von 6-lagigen Engtex-Einlagen .....	32
Abbildung 10: Wirkung von Waschen auf die Schnittsicherheit von 8-lagigen Hermes-Einlagen .....	33
Abbildung 11: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20 und 25 Waschungen.....	35
Abbildung 12: Höchstzugkraft [N] der Schussgarne nach 10, 20 und 25 Waschungen.....	35
Abbildung 13: Vergleich der Mittelwerte Höchstzugkraft des Weichspüler-Schussgarns nach mehrwöchiger Einwirkung mit einer unbehandelten Referenz, einfacher Zugversuch .....	36
Abbildung 14: Vergleich der Mittelwerte Höchstzugkraft des Weichspüler-Schussgarns nach mehrwöchiger Einwirkung mit einer unbehandelten Referenz, Schlingenzugversuch.....	37
Abbildung 15: Vergleich unbehandelter und behandelter Proben .....	38
Abbildung 16: Wirkung von Weichspüler auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (4 Wochen).....	38

---

Abbildung 17: Wirkung von Weichspüler auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate).....	39
Abbildung 18: Wirkung von Kraftstoff auf die Schnittsicherheit von Hermes-Einlagen (48 h)	43
Abbildung 19: Wirkung von Kraftstoff auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (10 Wochen).....	44
Abbildung 20: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (besprüht) .....	45
Abbildung 21: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (1 Tag eingelegt) .....	46
Abbildung 22: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (4 Wochen eingelegt) .....	47
Abbildung 23: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate eingelegt).....	48
Abbildung 24: Wirkung von Kettenöl auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate eingelegt + 2x gewaschen) .....	49
Abbildung 25: Wirkung von saurem Schweiß auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate).....	52
Abbildung 26: Wirkung von alkalischem Schweiß auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen (17 Monate) .....	53
Abbildung 27: Höchstzugkraftswerte verschiedener Medien über einen Zeitraum von 17 Monaten .....	54
Abbildung 28: Höchstzugkraftswerte verschiedener Medien über einen Zeitraum von 17 Monaten .....	54
Abbildung 29: Wirkung von trockener Hitze auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen ..	56
Abbildung 30: Wirkung von nasser Hitze auf die Schnittsicherheit von Engtex-Einlagen .....	57
Abbildung 31: Streifenende Versuchsreihe Nr. 1 .....	60
Abbildung 32: Streifenende Versuchsreihe Nr. 2, Lfd. Nr. 5, 6 und 8.....	62
Abbildung 33: Wirkung von UV-Strahlung auf die Schnittsicherheit von Schnittschutzeinlagen bei Abdeckung mit verschiedenen Oberstoffen .....	66
Abbildung 34: Öffnungsweiten der Schnittschutzhosen bei neuen und getragenen Schnittschutzhosen .....	68
Abbildung 35: Fadenverschiebung in einem Beinling der Fa. HF-Forstwirtschaft.....	69
Abbildung 36: Längs versteppte Einlage mitherausgezogenen Schussfäden .....	71
Abbildung 37: Saum eines Beinlings, in dem alle Schussfäden zum Saum nach unten gerutscht sind.....	71
Abbildung 38: Tragehäufigkeit von Schnittschutzhosen bei Profianwendern .....	73
Abbildung 39: Unfallhäufigkeit bei professionellen Motorsägenarbeiten .....	74
Abbildung 40: Häufigkeiten von unfallbedingten Durchtrennungen von Schnittschutzhosen.	74
Abbildung 41: Auftreffpunkte der Säge auf der Schnittschutzhose .....	75
Abbildung 42: Verwendungsdauer von Schnittschutzhosen im professionellen Einsatz.....	75
Abbildung 43: Waschkhäufigkeiten von Schnittschutzhosen im professionellen Einsatz .....	76
Abbildung 44: Gründe für die Auswahl von Schnittschutzhosen durch Profis .....	76
Abbildung 45: Von Profis gewünschte Optimierungen an Schnittschutzhosen.....	77
Abbildung 46: Transmissionsrate, Quelle: (Dobler[1]).....	81
Abbildung 47: Oberstoffe rökona .....	83
Abbildung 48: Transmissionswerte der Oberstoffe rökona.....	84
Abbildung 49: Oberstoffe von WEBATEX und Corporate Fabrics .....	85
Abbildung 50: Transmissionswerte der Oberstoffe WEBATEX .....	86

---

Abbildung 51 Spektrometer für die Messung der Transmissionsrate .....	87
Abbildung 52: Transmissionsraten in Abhängigkeit von der Anzahl Waschungen Stoff A in Kettrichtung .....	88
Abbildung 53: : Transmissionsraten in Abhängigkeit von der Anzahl Waschungen Stoff A in Schussrichtung.....	88
Abbildung 54: Luftdurchlässigkeit der geprüften Oberstoffe.....	90
Abbildung 55: Oberstoffe: Rot und Gelb (WEBATEX), Schwarz und Pink (Corporate Fabrics) .....	90
Abbildung 56: Prüfgerät FX3000 Hydrotester III der Fa. Textest Instruments .....	92
Abbildung 57: Probenhalterung .....	94
Abbildung 58: Versuchsaufbau ohne Kettenöl .....	94
Abbildung 59: Versuchsaufbau mit Kettenöl .....	95
Abbildung 60 Twaron-Gewebe Leinwand 1/1 .....	97
Abbildung 61 Twaron-Gewebe Köper 4/4.....	97
Abbildung 62 Rechte Wareenseite Kevlar/PE-Gestrick.....	97
Abbildung 63 Linke Wareenseite Kevlar/PE-Gestrick .....	97
Abbildung 64 Rechte Wareenseite Twaron-Gewirke .....	98
Abbildung 65 Linke Wareenseite Twaron-Gewirke .....	98
Abbildung 66: Hero Kevlar®-Schlingenplüsch, rechte Wareenseite.....	99
Abbildung 67: Hero Kevlar®-Schlingenplüsch, linke Wareenseite.....	99
Abbildung 68: Vergleich der Schnittöffnungen bei unterschiedlicher Lagenorientierung der Schnittschutzeinlage .....	103
Abbildung 69: Anforderungen an Schnittschutzhosen aus Sicht der Benutzer (STARK).....	106
Abbildung 70: Verschiedene Stichtypen (Pape) (PAPE 2012) .....	107
Abbildung 71: Doppelsteppstich- und Klebeverbindung.....	111
Abbildung 72: Vergleich der Schnittöffnungen .....	112
Abbildung 73: Spezifischer Schutzbereich, Form A (DIN 381-5).....	113
Abbildung 74: Modellskizze der 1. Musterhose.....	115
Abbildung 75: Schnittteile der Hose.....	116
Abbildung 76: Schnittteile der Schnittschutzeinlage mit Futter.....	116
Abbildung 77: Rückseite.....	117
Abbildung 78: Musterhose, Vorderseite.....	117
Abbildung 79: Variante Pad.....	121
Abbildung 80: Variante Orange-Rot.....	121
Abbildung 81: Variante Sommer.....	121
Abbildung 82: Rückseite.....	122
Abbildung 83: Vorderseite .....	122
Abbildung 84: Hinterhose mit Schnittschutz 50mm bzw. 100mm.....	124
Abbildung 85: Linke Seite.....	125
Abbildung 86: Rückseite.....	125
Abbildung 87: Vorderseite .....	125
Abbildung 88: aufgeklappt .....	126
Abbildung 89: Werkzeugtasche .....	126
Abbildung 90 Flacher Reißverschlusschieber .....	127
Abbildung 91: Messdiagramm: Vergleich von 3 Hosen.....	132
Abbildung 92: Bild aus High-Speed-Film beim Auftreffen der Sägekette (Hose 1) .....	132
Abbildung 93: Messdiagramm mit altem Pneumatikzylinder .....	133
Abbildung 94: Aufbau Sägekette .....	136

---

## 5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einstellbare Toleranzen des umgebauten Schnittschutzprüfstands.....	26
Tabelle 2: Stärke des Schrumpf von Engtex- und Hermes-Einlagen nach 25 bzw. 50 Wäschen .....	34
Tabelle 3: Statistische Auswertung einfacher Zugversuch am Schussgarn, Vergleich Weichspüler, eine Woche Einwirkzeit mit unbehandelter Probe .....	36
Tabelle 4: Vergleich der Höchstzugkraftwerte .....	42
Tabelle 5 Vergleich der Höchstzugkraftdehnungswerte.....	43
Tabelle 6: Kettenöl - Ergebnisse des einfachen Zugversuchs; Höchstzugkraft (Butterstein).45	
Tabelle 7: Öffnungsweiten der einzelnen Lagen nach Schnitttests an ölbehandelten Engtex- Einlagen .....	50
Tabelle 8: Höchstzugkraftswerte Schweiß sauer und alkalisch.....	51
Tabelle 9: Ergebnisse des einfachen Zugversuchs; Höchstzugkraft .....	55
Tabelle 10: Ergebnisse des einfachen Zugversuchs; Höchstzugkraftdehnung .....	56
Tabelle 11: Höchstzugkraftswerte nach Autoklavbehandlung .....	58
Tabelle 12: Streifenzugversuch (BUTTERSTEIN, 2012).....	60
Tabelle 13: Ergebnisse des Streifenzugversuchs, Versuchsreihe Nr. 1 .....	61
Tabelle 14: Ergebnisse des Streifenzugversuchs, Versuchsreihe Nr. 2 .....	63
Tabelle 15: Ergebnisse des Streifenzugversuchs, Versuchsreihe Nr. 3 .....	64
Tabelle 16: Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Streifenzugversuch .....	65
Tabelle 17: Ergebnisse, Streifenzugversuch (Butterstein[1]) .....	65
Tabelle 18: UPF nach DIN EN 13758-1:2001 .....	66
Tabelle 19: Vergleich des Aufbaus aktueller Schnittschutzhosen mit denen der Berufsfeuerwehr Reutlingen. ....	70
Tabelle 20: Ergebnisse Labormessung Schnittschutzbekleidung der Berufsfeuerwehr Reutlingen.....	72
Tabelle 21: Anforderungen an Oberstoffe, Quelle (Dobler[1]).....	78
Tabelle 22: UPF und Transmissionsrate verschiedener Oberstoffe .....	82
Tabelle 23: Bewertung der Oberstoffe .....	83
Tabelle 24: Bewertung der Oberstoffe gedehnt und ungedehnt.....	85
Tabelle 25: Untersuchung unterschiedlicher Stoffe und Anzahl Waschungen .....	89
Tabelle 26: Messergebnisse der Luftdurchlässigkeitsprüfung.....	91
Tabelle 27: Klassen der Luftdurchlässigkeit nach DIN EN 342 .....	91
Tabelle 28: Widerstand von Oberstoffen gegen das Durchdringen von Wasser .....	93
Tabelle 29: Ölaufnahme .....	95
Tabelle 30 Daten Short Track-Material .....	99
Tabelle 31: Ergebnisse Serie 1 Versuche mit Aramid.....	101
Tabelle 32: Ergebnisse Serie 2 Versuche mit Aramid und Dyneema.....	101
Tabelle 33: Ergebnisse Serie 3 Versuche mit Aramid.....	102
Tabelle 34: produzierte Hosen.....	105
Tabelle 35: Statistische Auswertung Zugversuche Nahttypen .....	108
Tabelle 36: Statistische Auswertung Zugversuche Fadenspannung.....	109

## 6 Literaturverzeichnis

- Butterstein[1], S. „Alterungsverhalten von Schnittschutzhosen. Einfluss von Bewitterung und Kettensägenöl.“ *Bachelor-Thesis an der Hochschule Reutlingen*. 2011.
- Butterstein[2], S. *Temperatur als Alterungsfaktor in Bezug auf die Sicherheitsleistung von Schnittschutzhosen*. 2012. Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen.
- Dobler[1], R. „Ermittlung der Eigenschaften und Definition der Anforderungen an die Oberstoffe von Schnittschutzhosen.“ *Machelor-Thesis an der Hochschule Reutlingen*. 2012.
- Dobler[2], R. *Ermittlung der eigenschaften der Obersoffe von schnittschutzhosen bezüglich der Wasserdichtheit und der durchlässigkeit von Kettenöl*. 2012. Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen.
- Groß[1], N. *Einflussparameter auf die Schutzwirkung von Schnittschutzhosen - Auswirkung unterschiedlicher Konstruktionsweisen, Mototrenabgase als Alterungsfaktor*. 2012. Bachelor-Thesis an der Hochschule Reutlingen.
- Groß[2], N. „Auswirkung unterschiedlicher Konstruktionsweisen von Schnittschutzzeinelagen - eininsatz von Aramid, Auswirkung unbefestigter Lagen.“ *Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen*. 2012.
- „Hartmut Möck, Feuerwehr Reutlingen, Email .“ 21.4.2013.
- Maier, C. „Optimierung von Schnittschutzhosen hinsichtlich Nähte und Funtionalität.“ 2011. Bachelor-Thesis an der Hochschule Reutlingen.
- Moric[1], D. *Schnittschutzhosen – Alterungsfaktoren und ihr Einfluss auf die Sicherheit*. 2012. Master-Thesis an der Hochschule Reutlingen.
- Moric[2], D. *Analyse des Alteungsverhaltens von Schnittschutzhosen - Temperatureigenschaften*. 2012. Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen.
- Pape, A. [1]. „Weichspüler als Alterungsfaktor bezogen auf die Sicherheit von Schnittschutzhosen.“ *Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen*. 2012.
- Pape[2], A. „Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Ermittlung des erforderlichen Kraftaufwandes, um einzelne Garne aus dem Verbund der Schnittschutzzeinelage zu ziehen.“ *Bachelor-Thesis an der Hochschule Reutlingen*. 2012.
- Pum, B. *Umfragegestützte Datenerhebung zum Trage- und Pflegeverhalten von Schnittschutzhosen*. 2012. Bachelorarbeit an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg.

Reumann, R.-D. *Prüfverfahren in der Textil- und Bekleidungsindustrie*. Springer Verlag, 2000.

SCHIRMER, S. „Untersuchung der Eigenschaften fabrikneuer und mehrjährig getragener Schnitzzhosen der BaySF durch Labor-Schnittprüfungen an den verwendeten Materialien.“ *Bachelorarbeit*. 2913.

Schmick[1], J. *Untersuchung der Eigenschaften von Oberstoffen für Schnitzzhosen - UV-Durchlässigkeit, Wasserdichtheit, Luftdurchlässigkeit*. 2013. Bachelor-thesis an der Hochschule Reutlingen.

Schmick[2], J. *Prüfung im Xeneontest-Gerät ohne Berechnung auf die Sicherheit von Schnitzzhosen*. 2013. Projektarbeit an der Hochschule Reutlingen.

Stark, D. *Anforderungen an Schnitzzhosen – Bundesweite Umfrage zur Bedeutung von Eigenschaften und Erfassung relevanter Informationen für die Kaufentscheidung*. 2008. Diplomarbeit der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg.

Wichmann, S. „Untersuchung von durch Kettenkontakt unbrauchbar gewordenen Schnitzzhosen.“ *Diplomarbeit der Thüringer Fachhochschule für Forstwirtschaft in Schwarzenburg*. 2001.

www. <http://www.forstpraxis.de/projekt-erforscht-ansprueche-frauen-waldarbeit> (gelesen 15.4.2013). kein Datum.

www[1]. <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/veroeffentl/Monatshefte/essay.asp?xYear=2010&xMonth=08&eNr=04> (11.4.2013). 11. 04 1913.

www[2]. <http://www.aelf-wu.bayern.de/forstwirtschaft/32275/index.php> (gelesen 6.6.2013). 06. 06 2013.

www[3]. <http://www.frankenpost.de/lokal/fichtelgebirge/wunsiedel/Frauen-fuehren-die-Kettensaege;art2460,2186649>. kein Datum.

www[4]. <http://www.donaukurier.de/lokales/hilpoltstein/Tiefenbach-Waldarbeit-wird-weiblich;art596,2715603#858884473>. kein Datum.

---

<sup>i</sup> vgl. <http://www.lw-heute.de/-geruestet-forstarbeit> (gelesen 29.4.2013)

<sup>ii</sup> vgl. Pum, „Umfragegestützte Datenerhebung zum Trage- und Pflegeverhalten von Schnitzzhosen“; 2012

<sup>iii</sup> vgl. Maier, „Optimierung von Schnitzzhosen hinsichtlich der Nähte und der Funktionalität“, 2011

<sup>iv</sup> vgl. [http://www.statistik.baden-](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/veroeffentl/Monatshefte/essay.asp?xYear=2010&xMonth=08&eNr=04)

[wuerttemberg.de/veroeffentl/Monatshefte/essay.asp?xYear=2010&xMonth=08&eNr=04](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/veroeffentl/Monatshefte/essay.asp?xYear=2010&xMonth=08&eNr=04) (11.4.2013)

<sup>v</sup> Hartmut Möck, Feuerwehr Reutlingen, Email (21.4.2013)

<sup>vi</sup> vgl. <http://www.aelf-wu.bayern.de/forstwirtschaft/32275/index.php> (gelesen 6.6.2013)

<sup>vii</sup> vgl. <http://www.frankenpost.de/lokal/fichtelgebirge/wunsiedel/Frauen-fuehren-die-Kettensaege;art2460,2186649>



<sup>viii</sup> vgl. <http://www.donaukurier.de/lokales/hilpoltstein/Tiefenbach-Waldarbeit-wird-weiblich;art596,2715603#858884473>

(gelesen 6.6.2013)

<sup>ix</sup> vgl. <http://www.forstpraxis.de/projekt-erforscht-ansprueche-frauen-waldarbeit> (gelesen 15.4.2013)

<sup>x</sup> vgl. Stark, „Anforderung an Schnitenschutzhosen“, 2008