

Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben:

**„Entwicklung eines Verfahrens und einer  
Reinigungsmaschine zur Nassreinigung und Trocknung  
von Textilien“**

gefördert durch die DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT

(Aktenzeichen 20081, Laufzeit: 05.2003 - 09.2006)

Verfasser:

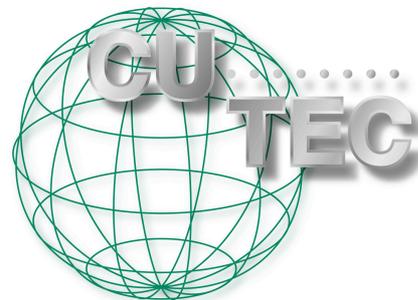
Dipl.-Ing. Hinnerk Bormann (CUTEC),

Dr.-Ing. Michael Sievers (CUTEC),

Dipl.-Ing. Joachim Biesinger (Multitex)



MULTITEX Maschinenbau GmbH  
Graf-Bentzel-Straße 66  
D – 72108 Rottenburg am Neckar



Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH  
Leibnizstraße 21+23  
D – 38678 Clausthal-Zellerfeld

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik / Stand des Wissens .....</b>	<b>5</b>
2.1	Chemische Reinigung empfindlicher Textilien .....	5
2.2	Nassreinigung.....	6
<b>3</b>	<b>Arbeitsschritte und durchgeführte Versuche.....</b>	<b>9</b>
3.1	Beschreibung des Maschinenkonzeptes.....	9
3.2	Konstruktion und Herstellung der Pilot-Reinigungsmaschine .....	12
3.3	Inbetriebnahme und Modifikationen .....	15
3.4	Versuche zur Bewertung des Reinigungsverfahrens .....	18
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der Versuche.....</b>	<b>20</b>
4.1	Krumpfen von Teststreifen .....	20
4.2	Reinigungswirkung .....	23
4.3	Wasserbedarf .....	31
4.4	Waschmechanik und Schleuderwirkung .....	33
4.5	Trocknung.....	35
4.6	Energieverbrauch.....	37
4.7	Versuche mit externer Begutachtung .....	39
4.7.1	Versuche mit unterschiedlicher Textilmaterialien .....	39
4.7.2	Versuche mit fertig konfektionierten Textilien .....	40
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>47</b>

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

In der gewerblichen Textilreinigung von Oberbekleidung und Heimtextilien werden nach wie vor zu einem großen Anteil umwelt- und gesundheitsgefährdende Lösungsmittel wie Perchlorethylen eingesetzt. Entsprechend hoch sind die gesetzlichen Anforderungen zur Vermeidung von Emissionen, die bei dem Betrieb der zugehörigen Anlagentechnik eingehalten werden müssen. Alternativ wurden Maschinen für hochsiedende Kohlenwasserstoffe (KWL) auf den Markt gebracht. Dieses Lösungsmittel ist jedoch brennbar und erfordert kostenträchtige Sicherungsmaßnahmen. Die Verwendung von Wasser als umweltfreundliches Lösungsmittel konnte sich in diesem Bereich bisher nur in begrenztem Umfang durchsetzen, da hierbei in Zusammenhang mit der herkömmlichen Maschinenteknik häufig negative Textilveränderungen (Krumpfen, Strukturveränderung der Oberfläche, etc.) auftreten sowie ein hoher Aufwand für die Nachbehandlung (Bügeln, „Finishing“) erforderlich ist.

Trotzdem kann zukünftig die Nassreinigung von empfindlichen Textilien als eine wichtige Erweiterung des Dienstleistungsangebotes von Reinigungsbetrieben angesehen werden, da gegenwärtig immer mehr Textilien durch veränderte Herstellungsverfahren und angepasste Ausrüstungen mit Eigenschaften versehen werden, die auch deren Reinigung in wässriger Lösung zulassen. Auch das zunehmend an ökologischen Argumenten orientierte Verbraucherverhalten begünstigt die Entwicklung geeigneter Nassreinigungsverfahren als Alternative zur herkömmlichen Lösemittelreinigung.

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung einer innovativen lösungsmittelfreien Textilreinigungsmaschine als Prototyp für besonders empfindliche Textilien wie z.B. Oberbekleidung. Das Reinigungsverfahren soll mit dem umweltfreundlichen Medium „Wasser“, d.h. als Nassreinigung, erfolgen.

Kernansatzpunkt dieser maschinentechnischen Entwicklung war die Anwendung eines neuen Konzeptes der Textileinzelaufhängung und -fixierung. Damit sollte der bisherige Nachteil der Schädigung bestimmter Textilien (Krumpfen, Kräuseln etc.) weitestgehend vermieden werden, weil die mechanische Beanspruchung als Hauptursache der Schädigung nasser Textilien deutlich reduziert wird. Durch die geänderte Waschmechanik soll so die Anwendung des Nassreinigungskonzeptes auf mehr als 90 % aller Textilien, die bisher nur bedingt „waschbar“ waren, ermöglicht werden.

Eine weitere Zielstellung bestand in der innovativen Kombination einer in die Reinigungsmaschine integrierten nachgeschalteten Trocknung, um die zeitaufwendige Nachbearbeitung (Finishen) wie das Bügeln und „in Form bringen“ der gereinigten Textilien zu vermeiden bzw. zu minimieren.

In der ersten Projektphase sollte eine Pilot-Reinigungsmaschine konstruiert und aufgebaut werden, an der zunächst maschinentechnische Untersuchungen zur grundsätzlichen Funktion des neuen Konzeptes sowie zum Schwingungsverhalten der Reinigungstrommel durchgeführt wurden.

In einer zweiten Phase sollten sich wissenschaftliche Versuche mit dem Schwerpunkt der Analyse der Textilbeanspruchung in der Pilotmaschine anschließen. Neben dem Nachweis einer deutlich reduzierten Textilschädigung gegenüber konventionellen Nassreinigungssystemen waren die Optimierung des Schleudervorgangs, des Trocknungsvorgangs und der Reinigungswirkung mit Minimierung des Wasser- und Energieverbrauches weitere Inhalte des Untersuchungsprogramms.

Anhand von Kenngrößen wie Beladungskapazität, Wasser- und Energieverbrauch, Reinigungsleistung sollten die Ergebnisse dieser Untersuchungen einen Vergleich des neuen Verfahrens mit konventionellen Reinigungstechniken für empfindliche Textilien ermöglichen. Ein weiteres Entwicklungsziel bestand in der Einhaltung der Anforderungen zur Vergabe des Umweltzeichens nach RAL-UZ 104.

Durch die Einbindung eines anerkannten Textilforschungsinstitutes (Hohensteiner Institute in Bönningheim) sollte abschließend die Auswirkung der Waschmechanik des neuen Verfahrens in Bezug auf Textilveränderungen (Maßhaltigkeit, Oberflächeneigenschaften) gutachterlich überprüft und bewertet werden.

## 2 Stand der Technik / Stand des Wissens

In der Bundesrepublik Deutschland existieren etwa 3.400 Textilreinigungsbetriebe mit 30.500 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von insgesamt ca. 1 Mrd. €. In Europa sind es ca. 55.000 Textilreinigungsbetriebe mit einem Gesamtjahresumsatz von 4,5 Mrd. € [7]. Die in diesen Betrieben eingesetzten Reinigungsmaschinen arbeiten vorwiegend auf der Basis von Lösungsmitteln wie Perchlorethylen (PER) und KWL. Die Anzahl der PER-Reinigungsmaschinen beträgt bundesweit ca. 4.200 Stück (KWL: 1.650 Maschinen). Der Anteil der Nassreinigungsmaschinen ist mit 20% derzeit noch relativ gering.

### 2.1 Chemische Reinigung empfindlicher Textilien

Mit dem Begriff „chemische Reinigung“ oder auch „Trockenreinigung“ wird die Reinigung von Textilien mittels Chemikalien, also ohne Wasser, bezeichnet. Diese Form der Reinigung wird insbesondere dann angewendet, wenn das Waschen mit Wasser bei bestimmten Textilmaterialien zu irreversiblen Formveränderungen führt. Die in diesem Bereich eingesetzten Lösemittel haben gegenüber Wasser den Vorteil, dass sie aufgrund ihres chemischen Aufbaus kein Quellen der textilen Fasern verursachen sowie eine gute Fettlöslichkeit besitzen.

In den Anfängen der chemischen Textilreinigung wurde zunächst mit brennbaren Lösungsmitteln („Benzinreinigung“) gearbeitet, die später durch das Aufkommen der nichtbrennbaren Chlorkohlenwasserstoff-Lösemittel (Trichlorethen, Perchlorethylen, FCKW) verdrängt wurden. Neben der Unbrennbarkeit lagen die Vorteile der CKW in der besseren Fettlösung sowie in einer rationelleren Verfahrensweise, die die Arbeitsschritte Reinigen, Schleudern und Trocknen in einer Maschine ermöglichte. Anfang der neunziger Jahre wurde jedoch die Verwendung der bis dahin eingesetzten Organochlorverbindungen bis auf das Perchlorethylen aus Umweltschutzgründen verboten.

In Deutschland wird gegenwärtig mit einem Anteil von etwa 60 % immer noch der größte Teil der Textilreinigungsmaschinen mit dem Lösungsmittel PER betrieben. Dieses auch weltweit noch am häufigsten eingesetzte Lösemittel zeichnet sich durch seine hervorragende Reinigungsleistung insbesondere bei der Pflege von Textilien aus Naturfasern (Wolle, Leinen, Seide) aus, da hierbei keine Faserquellung auftritt und somit eine Schädigung durch Maß- und Oberflächenveränderungen während der Reinigung vermieden werden kann.

Obwohl beim Betrieb von PER-Reinigungsmaschinen aufgrund zunehmend verschärfter Umweltauflagen bereits eine weitgehende Rückgewinnung und Aufarbeitung des Lösungsmittels durchgeführt wird, gelangen immer noch erhebliche Mengen des eingesetzten PERs direkt oder indirekt in die Umwelt. Der Grund liegt in dem hohen

Sorptionsvermögen von PER [6] im Reinigungsgut (Wolle, Polyester) und in der Emission von PER beim Bügeln und Abhängen nach der chemischen Reinigung. Das emittierte PER verschmutzt vor allem Luft und Gewässer [2,3] und findet so auch Eingang in die Nahrungskette [4,5]. Bekannt ist auch die klimarelevante Wirkung von PER. Gleichzeitig wird dem Lösungsmittel PER aufgrund aus Tierversuchen vorliegender Anhaltspunkte eine potentiell kanzerogene Wirkung beim Menschen zugewiesen [4,5]. Das Gefährdungspotential von PER ist in der Literatur auch an anderer Stelle ausführlich beschrieben [12,13,16].

Als Ersatz für das die Ozonschicht schädigende FCKW wurden seit Anfang der neunziger Jahre in der Textilreinigung auch die so genannten Kohlenwasserstoff-Lösemittel (KWL), ein Gemisch aliphatischer Kohlenwasserstoffe (Isoparaffine) im Bereich von 10-12 Kohlenstoffatomen, zur Behandlung besonders empfindlicher Textilien eingesetzt. Als nachteilig ist hierbei allerdings die Entzündlichkeit des KWL anzusehen, die sowohl bei der Anlagentechnik als auch bei der Handhabung und Lagerung ein hohes Maß an Sicherheitsvorkehrungen zur Einhaltung von Arbeitsschutz und Umweltauflagen erfordert.

Die genannten Gründe haben dazu geführt, dass seit Jahren versucht wird, eine Alternative zum Einsatz von PER und auch KWL als Lösungsmittel zu finden. Dies ist bis heute nicht gelungen, weil bis auf vereinzelte Anwendungen von Silanen und speziellen Estern keine derzeit marktrelevanten alternativen Lösungsmittel und Reinigungsverfahren mit ähnlich guter Reinigungswirkung zur Verfügung stehen.

Den aus der Forschung und Entwicklung bekannten möglichen alternativen Lösungsmitteln und Reinigungsverfahren wie beispielsweise überkritisches CO<sub>2</sub> steht dem Vorteil der Umweltfreundlichkeit der erhebliche Nachteil der Unwirtschaftlichkeit und schlechteren Reinigungsleistung gegenüber.

## **2.2 Nassreinigung**

Mit „Nassreinigung“ werden Verfahren der gewerblichen Textilreinigung bezeichnet, bei denen ähnlich wie bei der Haushaltswäsche Wasser als Schmutzlösemittel eingesetzt wird. Im Gegensatz zur Haushaltswäsche arbeiten diese Systeme jedoch deutlich textilschonender und auch umweltfreundlicher, da die hierbei eingesetzten Tenside zumeist biologisch gut abbaubar, alkali- und bleichmittelfrei sind. Der Einsatz der Nassreinigung ist zumeist auf die Behandlung „waschbarer“ Textilien begrenzt, obwohl auch schon zunehmend bestimmte Kleidungsstücke gereinigt werden, die nach der Pflegekennzeichnung als nicht waschbar ausgewiesen sind.

Gegenüber der chemischen Reinigung erfordert die Nassreinigung allerdings einen erhöhten Aufwand beim nachträglichen Finishen zur Restaurierung der Dimension, Form und Oberflächenstruktur der gereinigten Textilien. Die manuelle Arbeit des Finishens

kann häufig durch den Einsatz geeigneter Dämpfpuppen und Hosentopper mit speziellen Behandlungsprogrammen reduziert werden. Auf diesen Maschinen werden Teile der Oberbekleidung mit Hilfe von pneumatisch betätigten Klammern befestigt und durch Einblasen von Dampf und warmer Luft geglättet.

Ein weitestgehender Ersatz der umwelt- und gesundheitsschädlichen Lösungsmittel durch Verwendung von Nassreinigungsverfahren scheidet derzeit an den negativen Textilveränderungen, die bei vielen Textilien beim Waschen auftreten. Zu diesen Textilveränderungen gehören beispielsweise Maßänderungen („Krumpfen“), Filzschumpf, Strukturveränderungen der Oberfläche (Verfilzung, Knitterbildung, Moosigkeit, Kräuseln), Formverluste, etc..

Diese Textilveränderungen treten erst beim Zusammenwirken von mechanischer Beanspruchung und der Quelleigenschaft von Textilfasern aus Naturprodukten (z.B. Wolle, Baumwolle) beim Waschen mit Wasser auf (vgl. Abbildung 1). Die mechanische Beanspruchung lässt sich mit den heute verfügbaren Nassreinigungsmaschinen zwar reduzieren (vgl. Wollprogramm mit reduzierter Trommelbewegung), aber nicht vermeiden. Deshalb lassen sich Oberbekleidung sowie besonders empfindliche Textilien in der Regel nicht mit Wasser, sondern nur mit Lösemitteln, die keine Quellung der Fasern hervorrufen, reinigen.

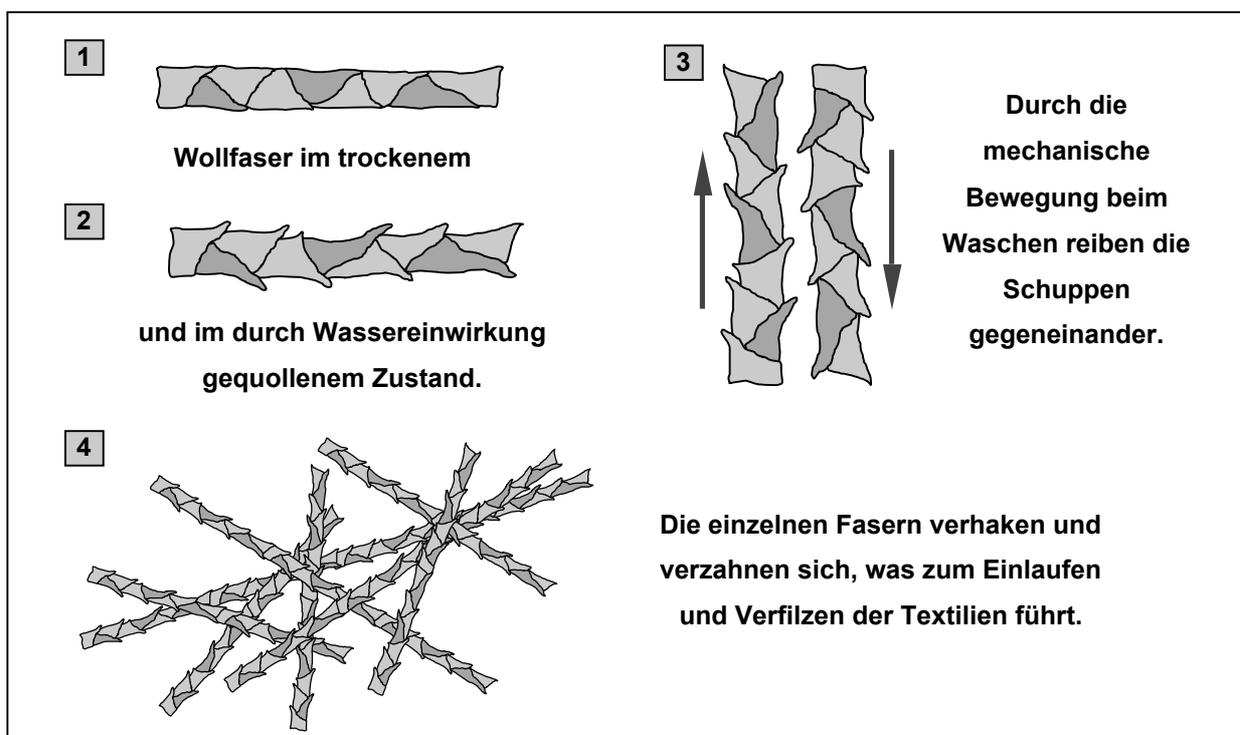


Abbildung 1: Quell- und Filzeigenschaften von Wollfasern.

Die derzeit auf dem Markt angebotenen Systeme für die Nassreinigung bestehen ausnahmslos aus Maschinen, welche für Wäschereien und nicht für Chemischreinigungen

konstruiert wurden. Für die Vermarktung als Nassreinigungssysteme wurden die Programmsteuerungen mit zusätzlichen Programmen versehen und Dosieranlagen für flüssige Detergentien beigelegt. Daher ist die mechanische Beanspruchung qualitativ gleich. Für die Reinigung von verschiedenen empfindlichen Textilien wie robuste Arbeitskleidung oder Wollpullover findet derzeit nur eine quantitative Anpassung der mechanischen Beanspruchung (z.B. durch größere Waschtrommeln mit geringerer Trommelbewegung) im Hinblick auf die Schonung von empfindlichen Textilien statt.

Bekanntlich werden die Textilien in der herkömmlichen Nassreinigung im zusammengeknüllten Zustand in die Trommeln der Waschschleudermaschinen und der Trockenmaschinen gegeben. Beim Drehen der Trommeln treffen die Mitnehmerrippen bis zu 120-mal in der Minute mit einer Geschwindigkeit von ca. 1,5 m/s auf das im unteren Teil der Trommel befindliche Reinigungsgut. Dieses wird bis kurz vor dem höchsten Punkt der Trommel angehoben, von wo aus es in den unteren Bereich der Trommeln fällt. Dieses Verfahren ist optimal für stark verschmutzte Wäsche, jedoch nicht für Oberbekleidung.

Zum Entwässern werden die Textilien im zusammengeknüllten Zustand einem Druck ausgesetzt, der dem 300 bis 400-fachen ihres Eigengewichts entspricht. Die dabei entstehenden Falten und Kniffe müssen anschließend durch weitere Arbeitsgänge beseitigt werden.

Die mechanische Behandlung führt zusammen mit der geringen Nassfestigkeit der Textilien zu den Schäden, welche in der Fachliteratur ausführlich beschrieben wurden [11]. Obwohl die Behandlungsbedingungen bezüglich der mechanischen Beanspruchung der Textilien optimiert wurden [1], bleibt es jedoch bei einer relativ hohen mechanischen und thermischen Beanspruchung der in den Maschinentrommeln lose zusammengeknüllten Textilien. Bei empfindlichen Kleidungsstücken treten deshalb immer noch deutliche nicht akzeptable Textilveränderungen auf.

Bisher ist keine Reinigungsmaschine entwickelt worden, die eine mechanische Beanspruchung von Textilien vollständig vermeidet. Vielmehr wird zurzeit der Ansatz verfolgt, Untersuchungen an verschiedenen Nassreinigungssystemen durchzuführen, um Anforderungen an die Konfektion nassreinigungsgerechter Bekleidung zu ermitteln [11].

Ein besonders schonendes Reinigungsverfahren, das negative Textilveränderungen trotz der Verwendung des umweltfreundlichen Reinigungsmittels Wasser grundsätzlich vermeidet, würde erheblich zur Umweltentlastung beitragen. Die Möglichkeit zur Auszeichnung eines Nassreinigungsverfahrens mit dem Label „Der blaue Engel“ verdeutlicht die umweltrelevante Bedeutung der Nassreinigung [10], da dieses Umweltzeichen ausschließlich für Verfahren vergeben werden kann, die mit dem Lösemittel „Wasser“ arbeiten.

### 3 Arbeitsschritte und durchgeführte Versuche

#### 3.1 Beschreibung des Maschinenkonzeptes

Das in diesem Vorhaben untersuchte Nassreinigungsverfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Textilien in Einzelaufhängung fixiert sind und einer gezielten Nassreinigung über Verteilerrohre unterworfen werden. Anschließend erfolgt eine schonende Entwässerung im Zentrifugalfeld mit Beschleunigungsziffern 300 bis 400 g. Der größte Vorteil dieses Verfahrens gegenüber den vorhandenen Verfahren ist die Vermeidung des Krumpfens, Kräuselns etc. beim Trocknungsvorgang, da sich die Textilien aufgrund der Zentrifugalkräfte sowie einer Fixierung in der Reinigungstrommel im gestreckten bzw. gespannten Zustand befinden (s. Abbildung 2). Die für die Schmutzablösung notwendige Waschmechanik, die bei den konventionellen Reinigungsmaschinen durch die Tumble-Bewegung erzeugt wird, erfolgt hier durch ein wiederholtes Anheben und Absenken der Trommeldrehzahl. Dadurch werden die Textilien wie bei der Handwäsche mehrfach zusammengedrückt und können bei Nachlassen des Druckes wieder neue Wasch- bzw. Spülflüssigkeit aufnehmen.

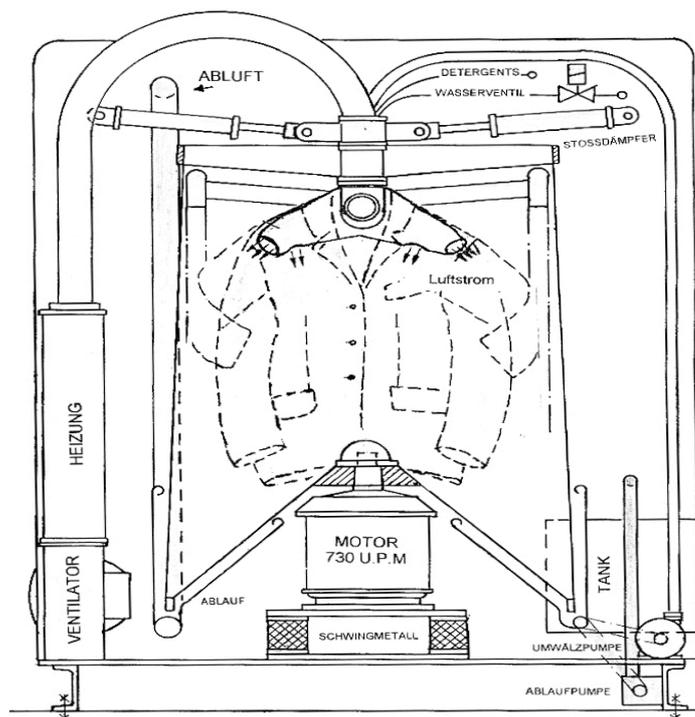


Abbildung 2: Prinzipdarstellung der Textilaufhängung des neuen Nassreinigungsverfahrens.

Die Abfuhr der Wasch- und Spülflüssigkeiten erfolgt durch die konische Ausführung der senkrecht angeordneten Trommel, so dass die aus den Textilien austretende Flüssigkeit

unter dem Einfluss der Zentrifugalkraft in die Richtung des größten Durchmessers fließt und am unteren Trommelrand in eine Auffangwanne abgeschleudert wird.

Ein weiterer Vorteil bei der Reinigung von Textilien im ausgebreiteten Zustand liegt in der erhöhten Effektivität des Schleudervorgangs und der damit einhergehenden Energieeinsparung bei der thermischen Nachtrocknung. Im Gegensatz zu den konventionellen Nassreinigungsverfahren erfolgt die Reinigung und Trocknung nach dem neuen Verfahren in einer Maschine, die Ware braucht also nicht mehr nach der Reinigung in einen separaten Trockner umgeladen zu werden.

Neben der Erweiterung von Anwendungsmöglichkeiten der Nassreinigung auf bisher nur mit Lösungsmittel zu reinigende Textilien wurde auch eine nachgeschaltete schonende Trocknung incl. Glättung („Finishen“) in das Verfahren integriert, um damit das zeitaufwendige Bügeln bzw. die Benutzung von Dämpfpuppen und Hosentopper weitestgehend zu minimieren. Die genannten Zielstellungen der neuen Verfahrensentwicklung sind in der Abbildung 3 schematisch zusammengefasst.

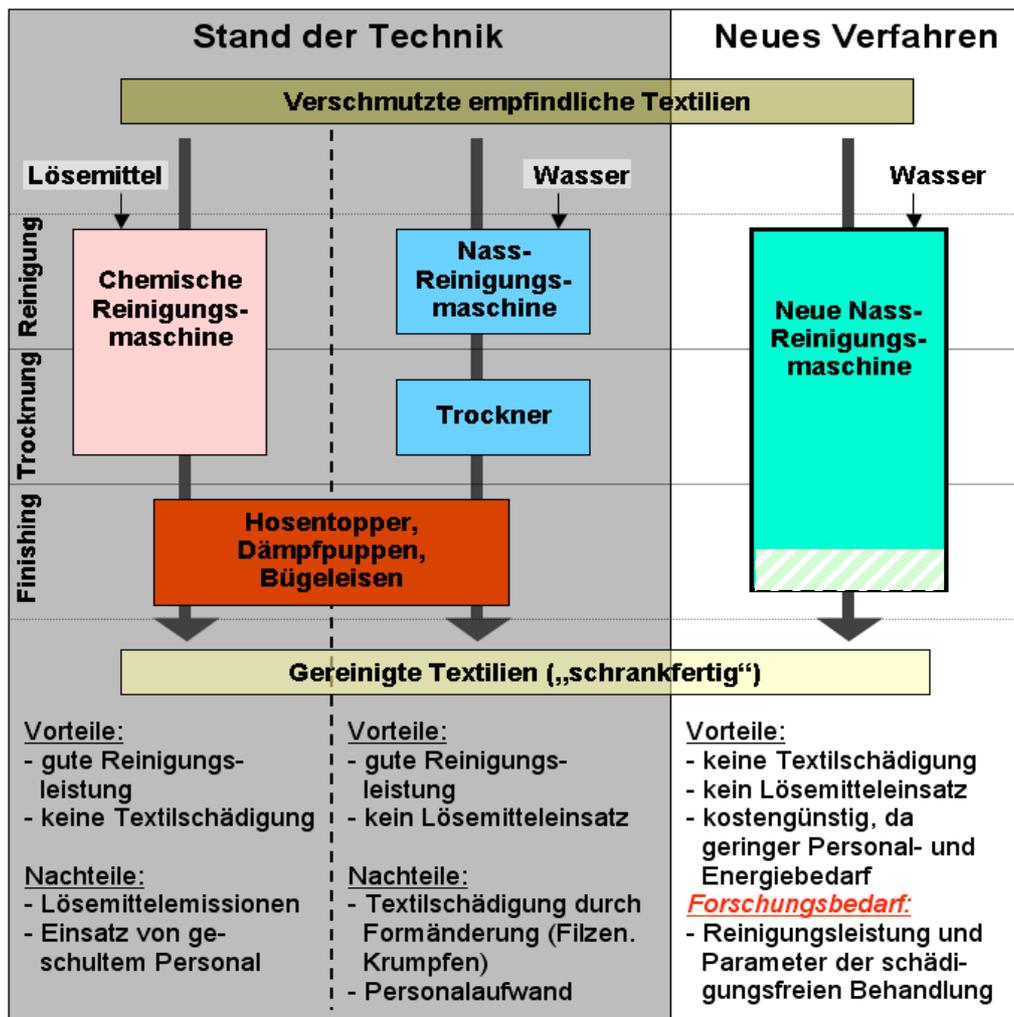


Abbildung 3: Vergleich des Standes der Technik zum neuen Nassreinigungsverfahren.

Für das neue Verfahren bzw. dessen technische Umsetzung in einer Pilotmaschine wurden folgende Anforderungen definiert:

- Nassreinigen, Entwässern und Glätten von Textilien einschließlich Wolle können ohne Formveränderung (Krumpfen) durchgeführt werden.
- Nassreinigen, Entwässern und Glätten von Textilien werden in einer Maschine ohne Umladen und zusätzliche Handarbeit durchgeführt.
- Der erste Prototyp wird für 4 Teile Oberbekleidung (Jacken, Hosen, Röcke u.s.w.) eingerichtet, die in ca. 30 Minuten gereinigt, entwässert und geglättet werden.
- Die Handhabung der Maschine muss so einfach und sicher sein, dass sie von ungelerten Arbeitskräften oder vom Kunden selbst bedient werden kann.
- Eine Übertragung von Vibrationen auf das Gebäude muss ausgeschlossen sein.
- Die Maße der Maschine sollten folgende Maße nicht überschreiten: Breite 160 cm, Tiefe 150 cm, Höhe 180 cm.
- Der Anschlusswert bei Elektroheizung sollte maximal 18 KW betragen und vorzugsweise in Stufen von 3 KW zu- und abschaltbar sein. Der Stromverbrauch pro Reinigungsvorgang sollte aus wirtschaftlichen Gründen 4 kWh nicht überschreiten.
- Der Antriebsmotor sollte für flexible Steuerungsmöglichkeiten mit einer stufenlosen Drehzahlregelung durch Frequenzsteuerung ausgerüstet werden.
- Die Zentrifugalbeschleunigung sollte 300 bis 400 g (Erdbeschleunigung) betragen. Das entspricht bei einem Trommeldurchmesser von 1000 mm Drehzahlen von 740 bis 850 Umdrehungen pro Minute.
- Die zum Ausbreiten der Kleidungsstücke zur Verfügung stehende Fläche sollte mindestens 4 m<sup>2</sup> betragen. Dies entspricht bei einem Trommeldurchmesser von 950/1000 mm einer Trommelhöhe von 1400 mm.
- Alle mit den Textilien in Berührung kommenden Maschinenteile bestehen aus nichtrostendem Edelstahl.
- Es sollte eine mehrfache Verwendung der Reinigungsflüssigkeit ermöglicht werden.
- Alle mit Reinigungsflüssigkeiten in Berührung kommenden Maschinenteile bestehen aus korrosionsfesten Materialien.
- Bei der Konstruktion des Prototypen ist im Hinblick auf die Serienfabrikation zu berücksichtigen, dass der Verkaufspreis der Serienmaschine ca. 28.000,- € nicht überschreitet.

Die wesentlichen Merkmale dieses Verfahrens sowie einzelne maschinentechnischen Detaillösungen wurden bereits rechtlich geschützt bzw. beim Deutschen Patentamt

angemeldet [14, 15], jedoch bisher noch nicht praktisch erprobt. In diesen Ausführungen ist für eine spätere Erhöhung der Beladungskapazität einer Serienmaschine eine Variante beschrieben, bei der mehrere konische Trommeln verschiedener Durchmesser auf einer Trommelachse angeordnet sind. Dadurch kann die Zahl der zu reinigenden Teile pro Waschvorgang wesentlich erhöht und empfindlichere Textilien in den Trommeln kleinerer Durchmesser geringeren Schleuderdrücken ausgesetzt werden.

### **3.2 Konstruktion und Herstellung der Pilot-Reinigungsmaschine**

Zu Beginn des Projektes wurde basierend auf den Erfahrungen und Kenntnissen der Fa. Multitex im Bereich des Reinigungsmaschinen- und Wäschereizentrifugenbaus eine Pilotmaschine projektiert, die eine fixierte Aufhängung von verschiedenen Kleidungsstücken in einer Reinigungstrommel ermöglicht. Ausgehend von herkömmlichen gewerblichen Wäschezentrifugen mit einem Trommelhöhe- zu -Durchmesser-Verhältnis von etwa 1:2, ist für das neue Verfahren eine um ein Mehrfaches größere Trommelhöhe zum Ausbreiten der Textilien erforderlich. Die veränderte Trommelgeometrie zusammen mit den für das neue Verfahren erforderlichen Zwischendrehzahlen, die nicht in einem kritischen Drehzahlbereich liegen dürfen (Auftreten von Unwuchten, maximal zulässige Ausschläge), stellten sich als eine erhebliche Schwierigkeit bei der konstruktiven Gestaltung der Maschine heraus. Die Lösung dieser Problematik erforderte mehrere Versuchsläufe und konstruktive Änderungen an dem bereits fertig gestellten Prototyp, deren Umfang zu Projektbeginn nicht voraussehbar war.

Während dieser ersten maschinentechnischen Erprobungsphase wurden bereits einige Detaillösungen (Kompensation ungleicher Ladungsverteilung, Aufhängung der Textilien, Zuführung von Reinigungsflotte und Luft, Abdichtungsprobleme bei den Zuleitungen, etc.) weiter optimiert bzw. auftretende Schwierigkeiten beseitigt.

Die wesentlichen Merkmale der Konstruktion sowie das Funktionsprinzip der Pilotmaschine werden im Folgenden erläutert (vgl. Abbildung 4). Kernstück der Reinigungsmaschine ist eine schwingungsgedämpft gelagerte, konische Trommel mit senkrechter angeordneter Drehachse. Die konische Ausführung der Waschtrommel mit dem größten Durchmesser am ihrem unteren Ende bewirkt einen durch die Fliehkraft hervorgerufenen Abtransport des Wasch- und Spülwassers aus den Kleidungsstücken während des Wasch-, Spül- und Schleudervorgangs. Am oberen Ende des Trommelgehäuses befindet sich eine selbsttätig verschließbare Öffnungsklappe zum Einbringen des Reinigungsgutes. Die verschmutzten Kleidungsstücke (Jacken, Hosen, Röcke etc.) werden über speziell angefertigte und als Hohlkörper ausgebildete Kleiderbügel und Kleiderhalter gezogen, die dann im Inneren der Reinigungstrommel an entsprechenden Aufhängungen befestigt werden. Gleichzeitig werden über diese Aufhängungen die Hohlkörper der Kleiderhalter mit den sich ebenfalls im rotierenden Teil

der Reinigungsmaschine befindlichen Verteilerrohren für Luft und Wasser verbunden. Die Versorgung dieser Verteilerrohre mit den jeweiligen Medien erfolgt von oben über ein in der Drehachse der Reinigungstrommel angeordnetes Zentralrohr. Der Transport der in das Zentralrohr eingebrachten Wasch- und Spülflotten über die Verteilerrohre bis in die Textilien erfolgt hierbei nicht aufgrund eines durch die Förderpumpe erzeugten Druckgefälles, sondern ausschließlich durch die durch die Trommelrotation erzeugte Zentrifugalkraft. Des Weiteren sind im Inneren des Maschinengehäuses mehrere Düsen zur Besprühung der Kleidungsstücke von außen angeordnet.

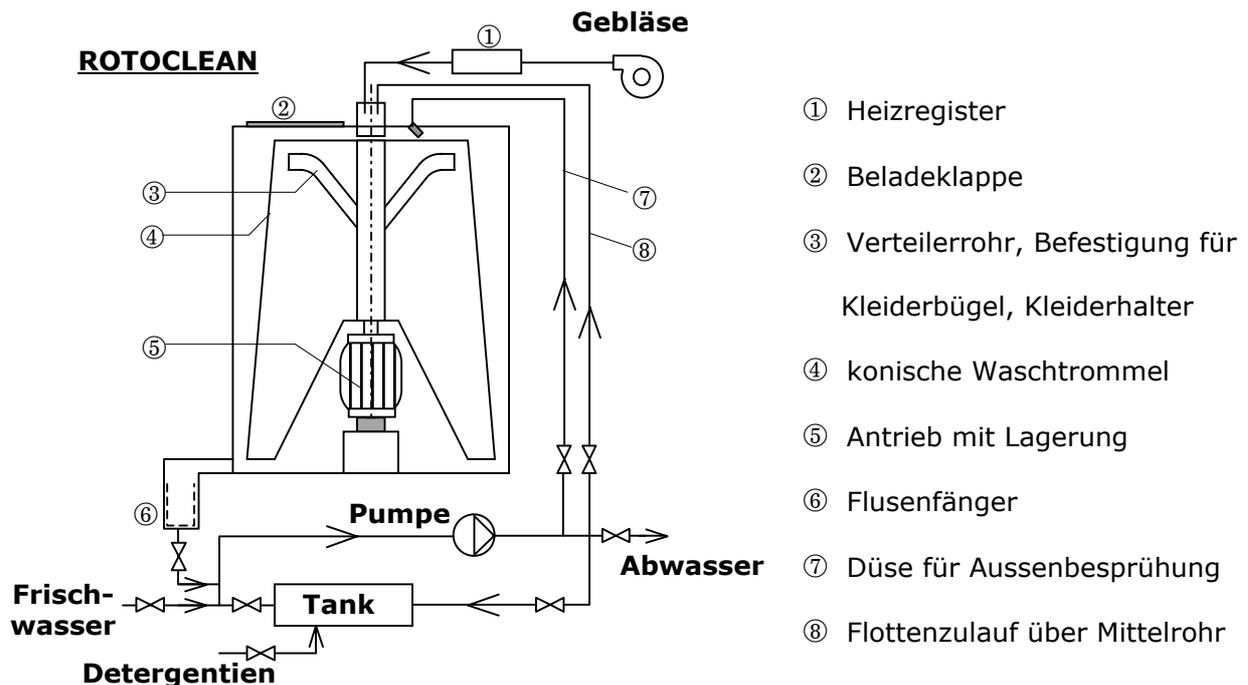


Abbildung 4: Funktionsschema der Pilot-Nassreinigungsmaschine.

Bei Inbetriebnahme wird zunächst Luft in die Kleiderbügel geblasen, wodurch die Textilien in der Reinigungstrommel ausgebreitet und Ärmel und Hosenbeine gestreckt werden. Die Zentrifugalkraft der sich dann drehenden Reinigungstrommel fixiert die Kleidungsstücke in ausgebreitetem Zustand am Trommelmantel.

Das anschließende Reinigungsverfahren folgt dem Prinzip der Handwäsche empfindlicher Textilien, die man in eine Lauge taucht, bis sie sich voll saugen und dann sanft ausdrückt. In der neuen Reinigungsmaschine wird dieses Verfahren durchgeführt, indem mehrmals bei niedriger Drehzahl Wasser und Detergentien in und auf die Kleidungsstücke gefördert und bei höheren Drehzahlen entfernt werden. Dies wird beim Reinigen und Spülen so oft wie erforderlich wiederholt. Die Abbildung 5 zeigt beispielhaft den Drehzahlverlauf eines Reinigungsprogramms mit der intervallweisen Anhebung und Absenkung der Trommeldrehzahl zur Erzeugung der erforderlichen Waschmechanik.

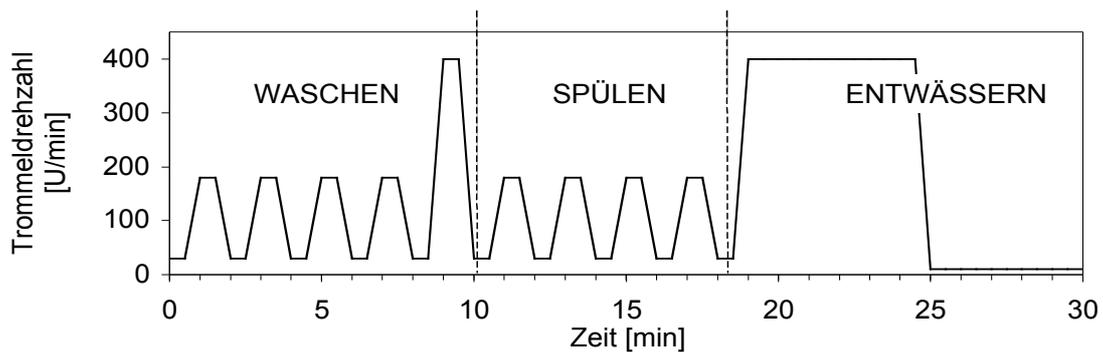


Abbildung 5: Drehzahlverlauf eines Waschprogramms (Beispiel).

Das Entwässern erfolgt durch eine Zentrifugalkraft von mindestens 300 g. Eine Option hierbei stellt das gleichzeitige Einblasen von Warmluft mit Temperaturen von bis zu 120°C dar, wodurch die Haftungskräfte an der Faser vermindert und die Restfeuchtigkeit von normalerweise 50 % des Warengewichts weiter reduziert werden kann. Dies ist nur möglich, wenn man die Ware in ausgebreitetem Zustand zentrifugiert. Im zusammengeknüllten Zustand würden sich Kniffe und Falten bilden, die nur mit hohem Arbeitsaufwand entfernt werden können. Der Trockenvorgang wird durch Einblasen von warmer und abschließend kalter Luft fortgesetzt. Durch die Fixierung auf den speziellen Kleiderbügeln soll die Notwendigkeit einer Nachbehandlung (Finishen) der Textilien durch Bügeln weitestgehend vermieden werden.

Die Regelung der Maschine erfolgt durch eine automatische Programmsteuerung, die eine beliebige Variation der für die Untersuchungsinhalte notwendigen Parameteränderungen der Wasch-, Spül- und Trocknungszyklen ermöglicht. Die Zugabe von Detergentien erfolgt bei dem Prototyp zunächst manuell in den Vorlagetank. Eine spätere Umrüstung auf eine automatische Detergentiendosierung kann bei einer Serienfertigung durch Installation handelsüblicher Systemkomponenten erfolgen. In den Vorlagetank ist eine elektrische Heizung eingebaut, die über einprogrammierbare Sollwertvorgaben eine definierte Aufheizung der Waschflotten gewährleistet.

Die aus der Waschtrommel austretenden Waschflotten können über das Rohrleitungssystem durch pneumatisch angesteuerte Ventile wahlweise zurück in die Reinigungstrommel, in den Vorlagetank oder in den Ablauf gefördert werden. Hierdurch kann zur Reduzierung des Wasserverbrauchs in Abhängigkeit der Schmutzbelastung der zu reinigenden Textilien eine Mehrfachnutzung bzw. Kreislaufführung der Wasch- und Spülflotten erreicht werden.

Der Trommelantriebsmotor wird über einen Frequenzumrichter zur stufenlosen Einstellung unterschiedlicher Drehzahlen angesteuert. Die Zufuhr von Heißluft erfolgt über einen Ventilator mit nachgeschaltetem elektrischem Heizregister, welches auf der

Oberseite der Pilotmaschine angeordnet ist. Die feuchtigkeitsbeladene Trocknungsluft wird über ein Abluftrohr mit integriertem Demister zur Tropfenabscheidung aus der Tommeleinhausung abgeführt.

Die Abbildung 6 zeigt die Pilot-Nassreinigungsmaschine nach ihrer Fertigstellung und Inbetriebnahme im CUTEC-Institut.



Abbildung 6: Prototyp der neuen Nassreinigungsmaschine (Rotoclean).

### 3.3 Inbetriebnahme und Modifikationen

Nach der Inbetriebnahme der Pilotmaschine im Technikum des CUTEC-Instituts erfolgten zunächst Versuche zur Beobachtung und Beeinflussung der Waschmechanik während des Reinigungsvorgangs. Ein Schwerpunkt dieser Arbeiten stellte die Entwicklung von geeigneten Textilhalterungen mit entsprechenden Fixierungsmöglichkeiten dar. Die wesentlichen Anforderungen an diese Bügelsysteme bestanden in einer möglichst faltenfreien Ausbreitung der Kleidungsstücke an der Trommelwand und einer gleichmäßigen Verteilung der Wasch- und Spüllösungen während der Reinigung. Zur Beobachtung der Vorgänge in der Waschtrommel wurden in die Oberseite der Pilotmaschine zusätzliche Sichtscheiben eingebaut. Die Installation eines Stroboskops mit einem an der Trommelwelle angebrachten Impulsgeber ermöglichte die Erzeugung eines „stehenden Bildes“ von den jeweils in der Trommel behandelten Textilstücken. Mit dieser Methode konnten die Bewegungen der Textilien (z.B. die Ausbildung von Falten und Kniffen) sowie Eintrag und Verteilung der Waschflotten unter Einfluss veränderlicher Drehzahlen beobachtet werden.

Eine Auswahl der in den Versuchen eingesetzten Bügelsysteme ist in der Abbildung 7 dargestellt. Neben einfachen mit durchlässigen Stützmaterialien und im Kragenbereich abgedichteten Flottenzuführungen versehenen Aufhängungen wurden auch aufwendigere Konstruktionen mit integrierten mechanischen Spannvorrichtungen getestet.



Abbildung 7: Eingesetzte Bügelsysteme zur Textilaufhängung in der Pilotmaschine.

Es zeigte sich, dass die Vermeidung von Faltenbildung und die Verteilung der Waschlösung innerhalb der Textilien durch den Einsatz von steifen und gut durchlässigen Auspolsterungen der Bügel deutlich verbessert werden kann. Bei einer weiteren Optimierung durch integrierte mechanische Vorspanneinrichtungen an den Bügeln ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese einen z. T. erheblichen konstruktiven Aufwand erfordern, wenn unterschiedliche Warengrößen auf einem Träger behandelt werden sollen.

Als problematisch erwies sich hingegen das ursprüngliche Konzept mit Verteilung der Reinigungsmedien und der Trocknungsluft über das Zentralrohr in den Innenbereich der Textilien. Trotz einiger konstruktiver Änderungen an der Medienzufuhr und Anpassungen der Drehzahlregelung konnte kein für eine ausreichende Ausbreitung der Textilien notwendiger Druckaufbau in den Kleiderbügeln erreicht werden. Grund hierfür war die konstruktiv sehr schwierig zu realisierende Spaltabdichtung von der Gebläseluftzuführung in das auf der rotierenden Trommel montierte Zentralrohr, da die an dieser Stelle in Frage kommenden Dichtungsmaterialien aufgrund einer zwar geringen aber nicht zu vermeidenden Restunwucht der Waschtrommel einem zu hohen Verschleiß ausgesetzt wären. Ohne diese Spaltabdichtung wäre jedoch eine unverhältnismäßige Gebläseleistung notwendig, um ein Ausbreiten und Abheben der feuchten Textilien von der Trommelwand auch bei geringen Drehzahlen zu erreichen.

Weiterhin stellte sich durch Beobachtungen mit dem Stroboskop während der Reinigungsvorgänge heraus, dass die Verteilung der Wasch- und Spülflotten durch das Zentralrohr in das Innere der Textilteile nur unzureichend erfolgt. So wurde

beispielsweise bei Sakkos nur der Kragen und der obere Brust- und Rückenbereich ausreichend von den Waschlösungen durchströmt. Die weitere Verteilung bis in die unteren Kleidungsbereiche und Ärmel wurde durch den auch bei geringen Drehzahlen zu schnellen Durchtritt der Flotten zur Trommelwand hin verhindert.

Die genannten Gründe führten im weiteren Projektverlauf zu einer Abkehr vom ursprünglich geplanten Prinzip der getrennten Medienzufuhr über das Zentralrohr in den Innenbereich der Textilien. Für die weiteren Versuche wurde das Konzept dahingehend abgeändert, dass die Zufuhr der Wasch- und Spüllösungen über eine entsprechende Düseneinspritzung nur auf die Außenseite der Textilien erfolgt. Eine verbesserte Verteilung der Lösungen in den Innenbereich der Textilien wurde durch Integration von Drainageschichten in die Textilaufhängungen erreicht (s.a. Kap. 4.2). Das für eine intensivere Trocknung notwendige Abheben der noch feuchten Textilien nach dem Schleudervorgang von der Trommelwand erfolgte nun durch den Einbau eines Federsystems, welches die Kleiderbügel bei geringeren Drehzahlen nach innen zieht und damit Vor- und Rückseite der Textilien in den Strömungsbereich der eingeblasenen Trocknungsluft gelangen.

Um eine ausreichende Kontaktzeit der Waschflotte mit den zu reinigenden Textilien zu erreichen, muss die pro Wasserbad vorgesehene Wassermenge – im Gegensatz zu den konventionellen Wasch- und Reinigungsmaschinen – mehrmals umgepumpt und neu eingedüst werden. Da die Beheizung der Waschflotten in einem außerhalb des Waschtrommelgehäuses angeordneten Vorlagetank erfolgt und es während der Umwälzung im Wasserkreislauf zu Wärmeverlusten kommt, wurden für verschiedene Waschprogramme Temperaturmessungen in der Waschtrommel durchgeführt. Die Abbildung 8 zeigt beispielhaft zwei in der Waschtrommel gemessene Temperaturverläufe der Wasch- und Spüllösungen.

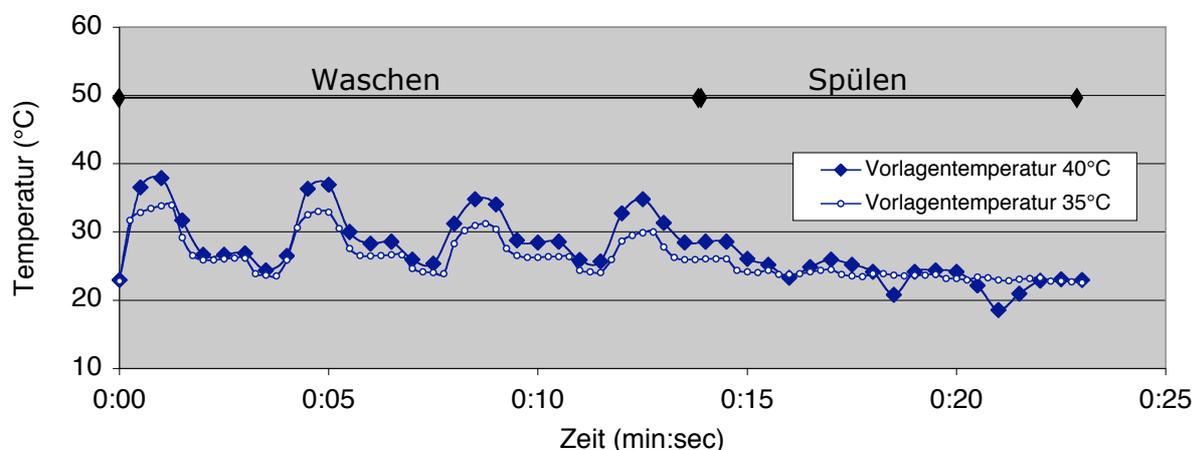


Abbildung 8: Verlauf der Wasch- und Spülflottetemperatur in der Pilotmaschine.

Die zu Beginn der Versuchsphase noch relativ hohen Wärmeverluste durch die Flottenumwälzung konnten durch Isolation entsprechender Rohrleitungen und einer in kürzeren Intervallen durchgeführten Zudosierung frischer Waschlauge aus dem Vorlagetank deutlich verringert werden.

### **3.4 Versuche zur Bewertung des Reinigungsverfahrens**

Zur Erprobung und Bewertung des neuen Nassreinigungsverfahrens wurden im ersten Abschnitt des Untersuchungsprogramms zunächst Versuche zur mechanischen Beanspruchung empfindlicher Textilien unter Einwirkung der geänderten Waschmechanik in Kombination mit dem bisher für diese Textilien nicht geeigneten Reinigungsmittel „Wasser“ durchgeführt.

Diese Untersuchungen stellten insofern einen Meilenstein im Verlauf des Projektes dar, da nur bei Erreichen positiver Ergebnisse zur grundsätzlichen Maßhaltigkeit, d.h. einer hinreichenden Krumpffreiheit der gereinigten Textilien als wesentliche Innovation der Entwicklung, weiterführende Untersuchungen zur Optimierung und Bewertung des Reinigungsverfahrens als sinnvoll anzusehen waren.

Neben dem Vergleich der nach dem neuen Verfahren behandelten Textilien mit dem Originalzustand dieser Ware wurde zusätzlich als Referenz eine handelsübliche Haushaltswaschmaschine eingesetzt, die über entsprechende Schonprogramme für empfindliche Textilien verfügt. Bezüglich der Reinigungswirkung ist der Vergleich mit einer Haushaltswaschmaschine insofern zulässig, da die bei normalen Gebrauch von empfindlichen Textilien oder Oberbekleidung auftretenden Verschmutzungen oftmals in wässrigen Lösungen mit geeigneten Waschlösungsmitteln besser zu entfernen sind, als mit den in der chemischen Reinigung eingesetzten Lösemitteln Per oder KWL. Der entscheidende Nachteil liegt jedoch - auch bei der Verwendung entsprechender Schonprogramme - in den häufig auftretenden unerwünschten Strukturveränderungen des Textilgewebes bei der Nassreinigung.

An die Versuche zum Nachweis einer deutlich reduzierten Krumpfung, die zunächst mit einem noch nicht näher bezüglich Wasch- und Trocknungsleistung optimierten Grundeinstellungs-Programm durchgeführt wurden, schlossen sich im zweiten Projektabschnitt weitere Versuchsreihen zur Untersuchung und Optimierung der Pilotmaschine mit folgenden Schwerpunkten an:

- Reinigungswirkung, Entfernung unterschiedlicher Schmutzarten,
- Wasserbedarf, Flotteneintrag und -verteilung in der Waschtrommel,
- Mechanische Entwässerung, Schleuderwirkung,

- Trocknung und Finishing,
- Verhalten konfektionierter Kleidungsstücke (Sakkos),
- Entwicklung bzw. Optimierung geeigneter Textil-Fixierungssysteme,
- Bestimmung des spezifischen Energieverbrauchs.

In dem letzten Projektabschnitt wurde die Qualität der Reinigungsergebnisse hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung nach dem neuen Verfahren mit den entsprechenden Leistungen einer Lösemittelreinigung sowie der konventionellen Nassreinigung verglichen. Die Bewertung der Ergebnisse aus diesen abschließenden Versuchen wurde in Zusammenarbeit mit dem Textilforschungsinstitut Hohenstein, Abt. Textile Dienstleistungen & Innovationen durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurden einerseits verschiedene Textilmaterialien und zum anderen fertig konfektionierten Kleidungsstücke (Sakkos) auf ihre Eignung zur Behandlung nach dem neuen Verfahren hin untersucht.

## 4 Ergebnisse der Versuche

### 4.1 Krumpfen von Teststreifen

Die Durchführung von reproduzierbaren Untersuchungen zum Nachweis der Vermeidung irreversibler Formveränderungen (Krumpfen) bei der Reinigung von empfindlichen Textilien nach dem neuen Verfahren erfolgte nach einem genormten Verfahren zur Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von Haushaltswaschmaschinen (IEC/ EN 60456). Hierbei waren geringfügige Modifikationen notwendig, da sich die Norm in ihren Ausführungen auf den Vergleich von nach dem herkömmlichen Waschprinzip arbeitenden Waschmaschinen beschränkt und demzufolge keine expliziten Anweisungen für Reinigungsmaschinen mit einer Fixierung der Textilien gibt. Die Anwendung dieser Norm für die vergleichenden Untersuchungen ist jedoch insofern gut geeignet, da durch sie eine Bewertung der Waschmechanik erfolgt und das neue Verfahren sich gerade in diesem Punkt deutlich von den bisherigen Verfahren unterscheidet.

Entsprechend der o.g. Norm wurde ein spezielles Testgewebe (unbehandeltes Wollgewebe „IWS SM 12“, entsp. ISO 3801 u. ISO 7211-2) beschafft und für die Versuche an der Pilotwaschmaschine sowie an einer dem Stand der Technik entsprechende Referenzwaschmaschine (Siemens Siwamat, Wollprogramm) vorbereitet.

Zur Reproduzierbarkeit der Untersuchungen wurden jeweils mehrere dieser Testgewebe-Versuchsreihen unter gleichen Versuchsbedingungen an beiden Waschmaschinen durchgeführt. Bei jedem einzelnen Versuch wurden jeweils 3 gleiche Testgewebestücke in den beiden Maschinen sechs Mal nacheinander den jeweiligen Wollwaschprogrammen unterzogen. Nach jedem einzelnen Programmzyklus wurden die Gewebestücke den Maschinen entnommen und mittels der speziell eingewebten Markierungsfäden an mehreren Stellen in Schuss- und Kettrichtung (Längs- u. Querrichtung) vermessen. Über Mittelwertbildung der einzelnen Messungen und Vergleich mit den Ausgangsmaßen des unbehandelten Testgewebes wurden dann die entsprechenden Ergebnisse für das Krumpfen ermittelt. Eine detaillierte Beschreibung der Versuchsdurchführung u. -auswertung ist als Kopie der entsprechenden Seiten aus der EN 60456 im Anhang angefügt.

Für die Pilotmaschine wurde ein Waschprogramm gewählt, welches möglichst nah an die entsprechenden Verhältnisse der Referenzmaschine (z.B. Anzahl u. Zeitdauer der Wasch- und Spülzyklen, eingesetzte Mengenströme, Temperaturen, etc.) angepasst war, so dass die erwarteten Unterschiede im Reinigungsergebnis weitestgehend ausschließlich auf die unterschiedliche mechanische Beanspruchung in beiden Maschinen zurückzuführen ist.

Die Abbildung 9 zeigt beispielhaft einen für diese Versuche einprogrammierten Waschzyklus der Pilotmaschine.

Programmschritt	Zeitdauer	Steuerkanäle für Motoren, Ventile, Heizung													Schrittbezeichnung
		Heizung	Pumpe	Ventilator	Zulauf	Ablauf	Pumpe - Tank	Pumpe - Mittelr.	Pumpe - Düse	Tank - Pumpe	Masch. - Pumpe	Drehzahl 150 U/min	Drehzahl 500 U/min	Drehzahl 800 U/min	
	min:sec	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	17	18	19	
1	0:05														Füllen Tank
2	1:00														Reinigen, Lauge Einlauf
3	2:00														Reinigen, Lauge Umlauf
4	0:45														Ausdrücken
5	0:05														Füllen Tank
6	1:00														Reinigen, Lauge Einlauf
7	2:00														Reinigen, Lauge Umlauf
8	0:45														Ausdrücken
9	0:05														Füllen Tank
10	1:00														Reinigen, Lauge Einlauf
11	2:00														Reinigen, Lauge Umlauf
12	0:45														Ausdrücken
13	0:05														Füllen Tank
14	1:00														Reinigen, Lauge Einlauf
15	2:00														Reinigen, Lauge Umlauf
16	0:45														Ausdrücken + Laugenablauf
17	0:45														Spülen, Wasser Einlauf
18	1:00														Spülen, Wasser Umlauf
19	0:45														Ausdrücken + Ablauf
20	0:45														Spülen, Wasser Einlauf
21	1:00														Spülen, Wasser Umlauf
22	0:45														Ausdrücken + Ablauf
23	0:45														Spülen, Wasser Einlauf
24	1:00														Spülen, Wasser Umlauf
25	1:00														Ausdrücken + Ablauf
26	1:00														Trocknen + Schleudern
27	2:00														Trocknen
28	2:00														Trocknen
29	2:00														Trocknen
30	1:00														Kühlen
31	-														Programmende
	31:05														

Abbildung 9: Waschprogramm der Pilotmaschine für die Krumpfversuche.

Die folgende Abbildung 10 zeigt das lineare und das Flächen-Krumpfen der Testgewebestücke nach ein bis sechs Behandlungszyklen für die neue Nassreinigungsmaschine (Rotoclean) und der Haushaltswaschmaschine als Referenz. In dieser Abbildung sind die jeweiligen Mittelwerte aus drei einzelnen Versuchsläufen gezeigt.

Die Schwankungsbreite der einzelnen Versuchsläufe kann der Abbildung 11 entnommen werden, in der der Krumpferhältnis-Index nach jedem Waschzyklus ermittelt wurde. Dieser Index gibt das Verhältnis der Krumpferneigung von empfindlichen Textilien nach dem neuen Verfahrens gegenüber dem Referenzverfahren an.

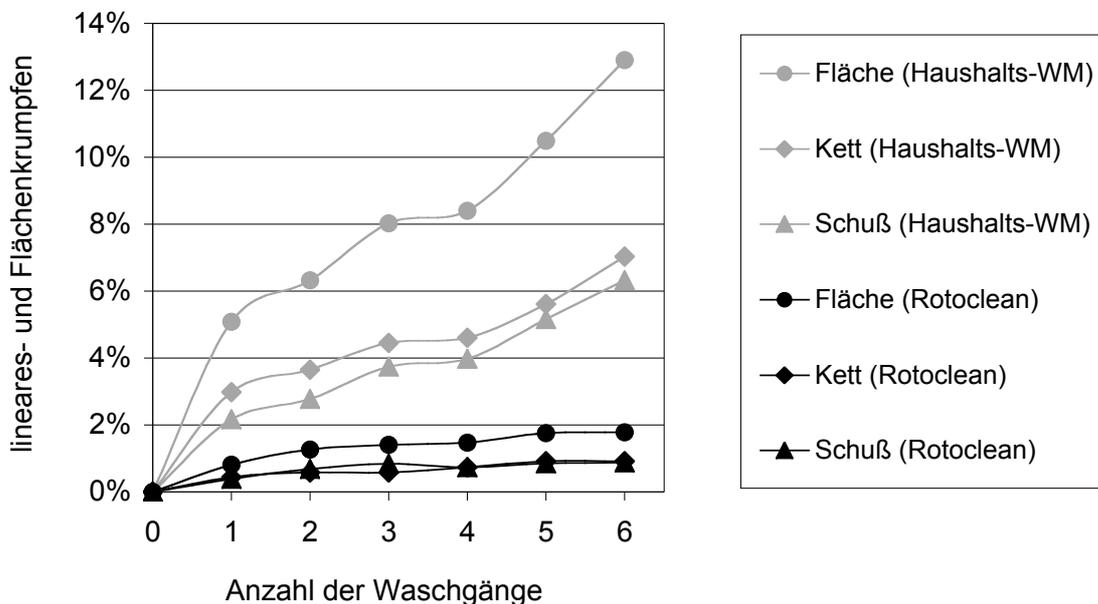


Abbildung 10: Lineares und Flächen-Krumpfen von Testgewebe nach der Behandlung in der neuen Pilotmaschine (Rotoclean) und einer Haushaltswaschmaschine (Mittelwerte).

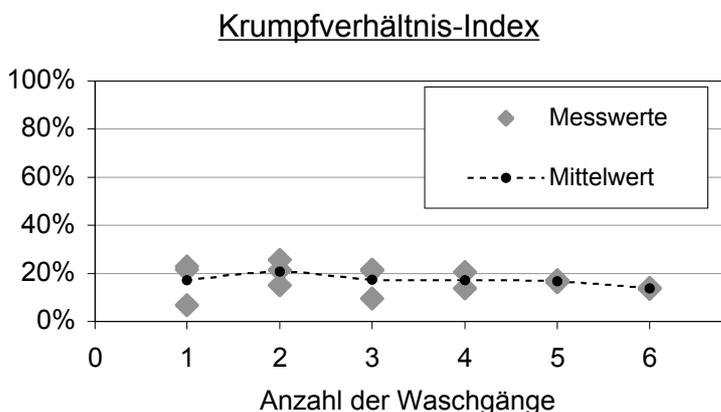


Abbildung 11: Krumpferhältnis-Index der Pilotmaschine zur Referenzmaschine.

Die durchgeführten Versuche zeigen deutlich den unterschiedlichen Einfluss der beiden Waschverfahren auf das Krumpferverhalten der Testgewebestücke. Während bei dem neuen Reinigungsverfahren in der Pilotmaschine der Flächenschrumpf der Textilien auch nach sechs Waschzyklen nur bei knapp 2 % (Längenschrumpf bei ca. 1 %) liegt, ist bei den in der Referenzwaschmaschine mit einem Wollprogramm gewaschenen Geweben

eine deutliche Zunahme des linearen und Flächenkrumpfens mit der Anzahl der Waschzyklen auf Werte von über 12 % (6 %) zu verzeichnen. Der aus diesen Versuchen ermittelte Krumpfverhältnis-Index für das neue Reinigungsverfahren zeigt, dass die in der Pilotwaschmaschine gereinigten Textilien nur etwa 20 % der bei herkömmlichen Waschmaschinen auftretenden Krumpfneigung empfindlicher Textilien aufweisen. Mit zunehmender Anzahl der Waschzyklen verringert sich dieser Wert sogar noch auf etwa 10-15 %. Insgesamt betrachtet ist die Krumpfung von Wolltestgeweben, die mit dem neuen Verfahren gewaschen wurde, im Bereich von 1-2 % nach mehreren Waschzyklen relativ gering und liegt im Vergleich mit den gegenwärtig im Einsatz befindlichen Verfahren zur Reinigung von empfindlichen Textilien in einer durchaus akzeptablen Größenordnung.

Die rein optische Beurteilung der Testgewebestücke nach den jeweiligen Behandlungsschritten der durchgeführten Versuche weist auf den Unterschied der verschiedenen Verfahren bezüglich der Knitterbildung und den daraus resultierenden Aufwand für ein nachträgliches Finishen der gereinigten Textilien hin. Die in der Pilotmaschine gereinigten Testgewebe können durch ihre fixierte Aufhängung in der Waschtrommel nahezu knitterfrei entnommen werden (vgl. Abbildung 12), wodurch eine Nachbehandlung durch Bügeln weitestgehend vermieden wird.



Abbildung 12: Vergleich der Testgewebe nach Behandlung in der Haushaltswaschmaschine (links) und in der neuen Nassreinigungsmaschine (rechts).

### 4.2 Reinigungswirkung

Zur Beurteilung der Reinigungswirkung des neuen Verfahrens wurden verschiedene Textilien vor der Behandlung mit unterschiedlichen Schmutzstoffen verunreinigt. Bei der

Auswahl dieser Schmutzstoffe wurde versucht ein repräsentatives Spektrum von Inhaltsstoffen abzudecken, die beim normalen Gebrauch von empfindlichen Oberbekleidungen auftreten. Zu diesen Inhaltsstoffen gehören im Wesentlichen chemische Verbindungen wie Kohlenhydrate, Fette, Proteine, Salze sowie partikuläre Verschmutzungen (Staub, Russ, etc.) und Farbpigmente (z.B. in Rotwein, Blut). Die in den Versuchen eingesetzten Testverschmutzungen waren:

- Milchkakao (Fette, Kohlenhydrate, Proteine),
- Wässrige Lösung von Kochsalz (Schweiß) und Harnstoff,
- Altöl (mineral. Öle, Russpartikel),
- Blut (Proteine, Farbpigmente),
- Rotwein (Farbpigmente).

Diese Auswahl von Schmutzstoffen wurde für eine erste grundsätzliche Bewertung der Reinigungsleistung als hinreichend angesehen, da eine systematische Überprüfung aller möglichen Parameter zu einem nicht zu bewältigenden Umfang geführt hätte.

Die Verschmutzungen wurden von Hand auf die Textilien aufgetragen und sowohl im frischen als auch im eingetrockneten Zustand in der Pilotmaschine gereinigt. Die Schmutzentfernung wurde zunächst an dem Woll-Testgewebe, anschließend aber auch an konfektionierten Kleidungsstücken (Sakkos) untersucht. Die Beurteilung der Reinigungswirkung erfolgte im Vergleich zu den Ergebnissen aus der Behandlung in einer Haushaltswaschmaschine mit entsprechendem Schonprogramm.

Bei den ersten Versuchen mit direkt an der Trommelwand anliegenden Textilien zeigte sich nach den jeweiligen Waschvorgängen eine gleichmäßige Vergrauung jeweils an der Rückseite der gereinigten Textilien. Obwohl die aufgetragenen Verschmutzungen auf der Vorderseite der Textilien vollständig gelöst bzw. entfernt wurden, war der Abtransport dieser Schmutzstoffe und Waschmittelreste (u.a. ein gleichmäßig verteilter „weißer Schleier“ auf der Rückseite der Textilien) von der Textilrückseite an der Trommelwand nur unzureichend. Um die Abfuhr der mit den Schmutzstoffen beladenen Wasch- und Spülflotten von der Textilrückseite zu verbessern, wurde in den folgenden Versuchen die Trommelinnenseite mit verschiedenen Drainageschichten ausgekleidet. Bei der Auswahl von geeigneten Materialien für diese Auskleidung mussten folgende Anforderungen erfüllt werden. Zum einen durfte das Material nicht zu steif und grobporig sein, da es sonst aufgrund der hohen Fliehkräfte während der Schleudervorgänge zu Abdrücken und Textilschädigungen auf der Oberfläche der an diesen Schichten anliegenden Stoffe kommt. Andererseits durfte das Material auch nicht zu weich und feinporig sein, da in diesem Fall die hohen Druckkräfte dieses Material zu stark verdichten, damit das freie Porenvolumen verringern und die Drainagewirkung dieser Schicht deutlich verringern. Als

gut geeignet stellte sich eine etwa 2 cm starke Schaumstoffschicht aus Polyurethan heraus, die auch eine für diesen Anwendungsfall ausreichende Thermostabilität besitzt. Durch die Auskleidung der gesamten Waschtrommel mit diesem Material (s. Abbildung 13) konnte in den weiteren Versuchen die Vergrauung der Textiltrückseiten durch die zuvor in diesen Bereichen unzureichende Durchströmung wirkungsvoll verhindert werden.

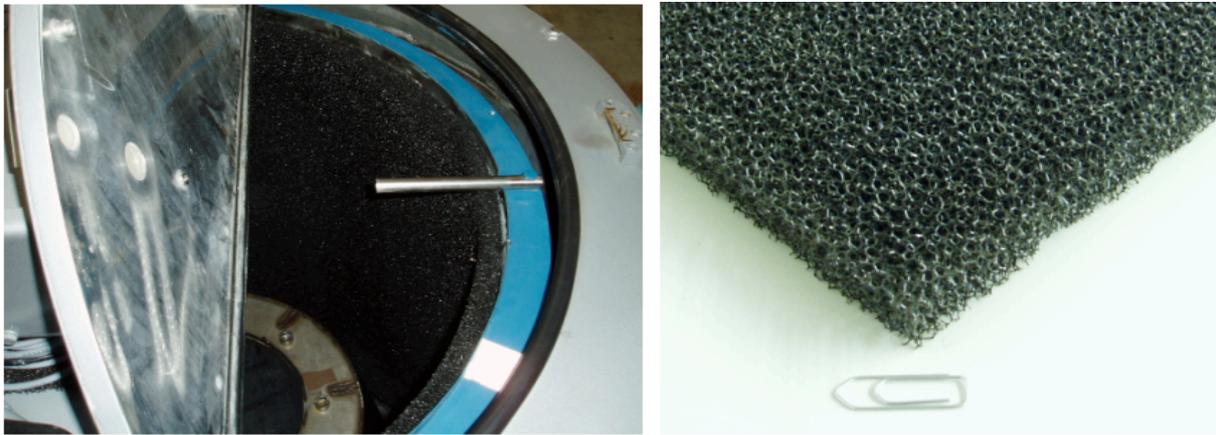


Abbildung 13: Auskleidung der Waschtrommel mit PU-Drainageschicht.

Die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Versuche zur Schmutzentfernung sind in den folgenden Abbildungen verdeutlicht. Die Abbildung 14 zeigt den Vergleich eines Woll-Testgewebes im verschmutzten (links) und im gereinigten Zustand (rechts). Bei diesem Versuch wurden die Gewebestücke direkt nach dem Auftragen der Verschmutzungen – also im „frischen“ Zustand – in der Pilotmaschine behandelt. Bis auf den Altölfleck, der erwartungsgemäß in wässrigen Systemen allgemein schlecht zu beseitigen ist, konnten die Verschmutzungen Milchkakao, Blut und Rotwein restlos (d.h. nicht mehr sichtbar) entfernt werden.

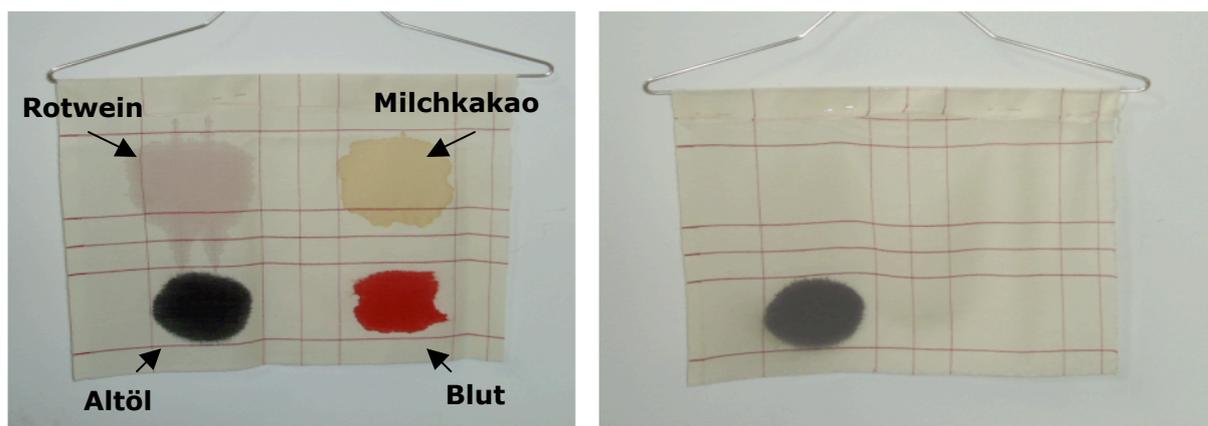


Abbildung 14: Reinigungsergebnis mit „frischen“ Verschmutzungen.

Versuche mit Behandlung von eingetrockneten Flecken ergaben bei den Verschmutzungen Milchkakao und Blut ebenfalls eine gute Reinigungswirkung. Von dem Rotweinfleck verblieb nach den ersten Reinigungsversuchen jedoch ein schwach

sichtbarer Rand bzw. eine leichte Verdunklung des Textilgewebes zurück (s. Abbildung 15).

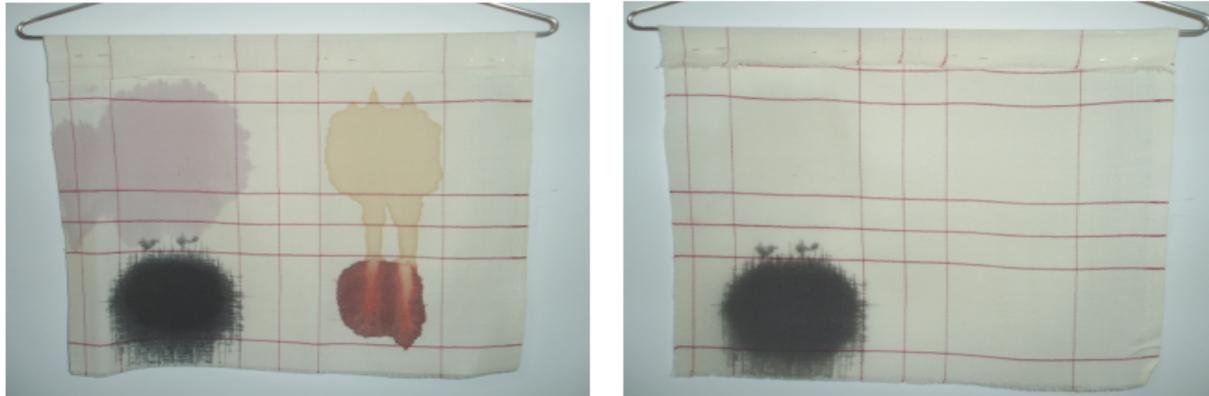


Abbildung 15: Reinigungsergebnis mit eingetrockneten Verschmutzungen.

Eine Optimierung der Reinigungsleistung konnte u. a. durch den Einsatz veränderter Düsengeometrien und der sich daraus ergebenden besseren Verteilung der Waschflotten in der Waschtrommel erreicht werden. Zusätzlich konnte durch Veränderungen an der Trommeldrehzahlregelung die Kontaktzeit der Textilien mit der Waschlauge erhöht und damit das Reinigungsergebnis verbessert werden. Die Abbildung 16 zeigt eine Gegenüberstellung der gereinigten Textilien nach der Behandlung in der Haushaltswaschmaschine (30°C, Wollprogramm) und in der Pilotmaschine (Rotoclean).

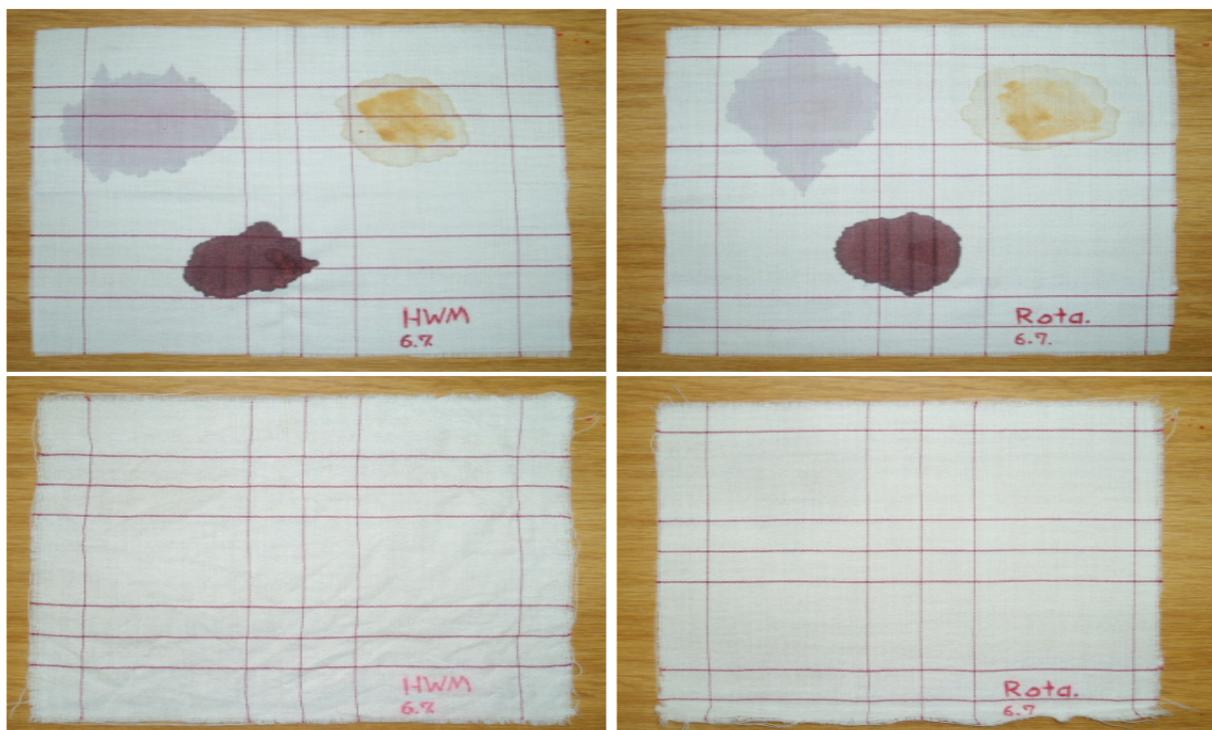


Abbildung 16: Reinigungsergebnis der Pilotmaschine (links) im Vergleich zur Haushaltswaschmaschine (rechts).

Durch diese mehrfach wiederholten Versuche mit Textgeweben konnte nachgewiesen werden, dass durch die Behandlung in der Pilotmaschine grundsätzlich eine in etwa gleiche Schmutzentfernung erreicht werden kann, wie bei der Reinigung in einer konventionellen Haushaltswaschmaschine. Bei den Verschmutzungen, die nach dem neuen Verfahren nicht restlos entfernt werden konnten, zeigten sich auch nach der Behandlung in der Haushaltswaschmaschine keine besseren Ergebnisse. Da bei der Reinigung in wässrigen Systemen im Allgemeinen eine vollständige Entfernung von schlecht wasserlöslichen Stoffen nicht zu erreichen ist, wird in diesen Fällen in der Praxis zusätzlich von Hand eine Vor- oder Nachdetachur mit speziellen Lösemitteln durchgeführt.

Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse eines Versuchs bei dem versucht wurde, die Entfernung der Rotweinverschmutzung durch eine Intensivierung der Waschmechanik und einer höheren Waschtemperatur zu verbessern. Eine restlose Entfernung dieses Fleckes konnte jedoch auch bei diesen Einstellungen nicht erreicht werden. Als erwähnenswerter Nebeneffekt wurde aber in diesem Versuch der große Einfluss der Waschmechanik auf die Formbeständigkeit bestimmter Textilien verdeutlicht. Während eine Erhöhung der Waschmechanik durch die Verkürzung der Intervalle zwischen hohen und niedrigen Trommeldrehzahlen bei der Pilotmaschine zu kaum sichtbaren Veränderungen führte, kam es bei der Haushaltswaschmaschine im Normalprogramm bei 40°C Flottentemperatur zu einem extremen Filzschumpf des Testgewebes (s. Abbildung 17).

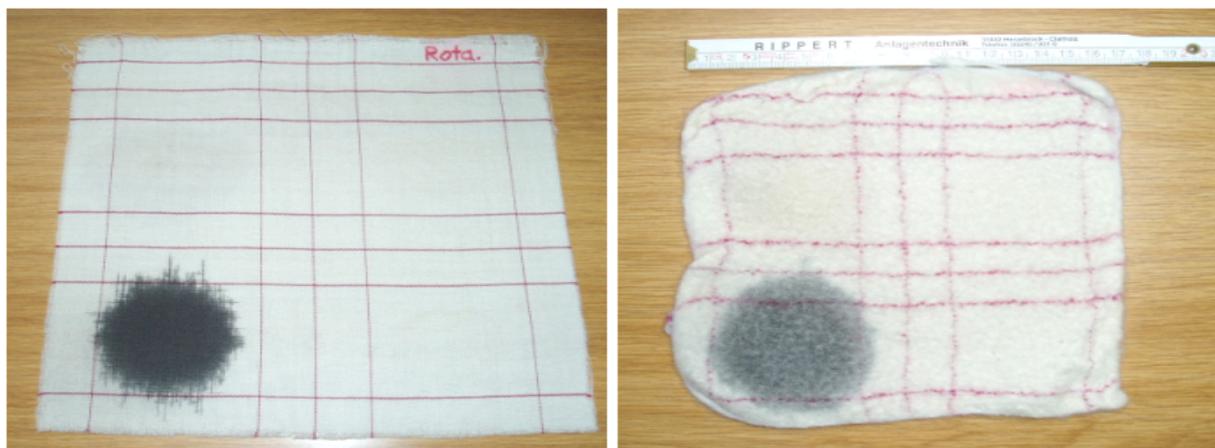


Abbildung 17: Reinigungsergebnis bei erhöhter Waschmechanik und Temperatur in der Pilotmaschine (links) und Haushaltswaschmaschine (rechts).

Zur Optimierung des Waschvorgangs in der Pilotwaschmaschine wurden weiterhin Versuche mit unterschiedlichen Einwirkzeiten der Waschlauge auf die Textilien durchgeführt. Die Zeiten für die Hauptwäsche wurden im Bereich von 5 bis 25 min variiert. Für die meisten untersuchten Textilien erwies sich eine Hauptwäsche von ca. 15

Minuten für die Entfernung der aufgetragenen Verschmutzungen als ausreichend. Eine Verlängerung dieses Programmschrittes führte in der Regel zu keiner wesentlichen Verbesserung des Reinigungsergebnisses. Ab einer Unterschreitung von etwa 10 Minuten für die Hauptwäsche zeigten sich hingegen z. T. noch erhebliche Restverschmutzungen auch von den enthaltenen, gut wasserlöslichen Substanzen (s. Abbildung 18).

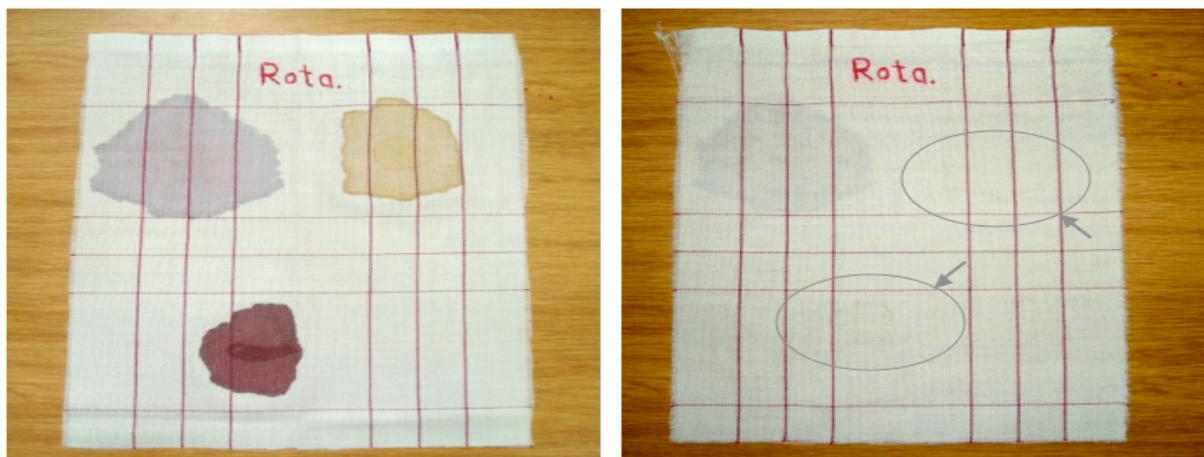


Abbildung 18: Versuche mit verkürzter Waschzeit (Hauptwäsche < 10 min).

Zur Beurteilung der Entfernung von Salzen und Harnstoff aus dem Reinigungsgut wurden die Textilien zur Anschmutzung zunächst in unterschiedlich konzentrierte NaCl- und Harnstofflösungen getaucht und getrocknet. Anschließend wurden jeweils eines dieser verschmutzten Textilstücke in der Pilotmaschine und ein zweites zum Vergleich in der Haushaltswaschmaschine gereinigt. Zur Bestimmung der Salz- und Harnstoffkonzentrationen im unbehandelten und den gereinigten Zustand wurden die Textilien jeweils in einer definierten Menge an destilliertem Wasser bei Raumtemperatur extrahiert und die Extrakte nachfolgend photometrisch (Chlorid) bzw. nasschemisch (Harnstoff) analysiert. Die folgende Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse jeweils eines Versuches mit einer niedrigen und einer hohen Harnstoff- und NaCl-Beladung der Textilien.

Tabelle 1: Harnstoff- und NaCl-Konzentrationen vor und nach der Reinigung in der Pilotmaschine (Rotoclean) und der Haushaltswaschmaschine (HWM).

	Testschmutz	Vor der Reinigung [g/kg Textilgew.]	Nach der Reinigung [g/kg Textilgew.]	
			HWM	Rotoclean
1	Harnstoff	11,2	0,32	0,32
	NaCl	3,9	0,145	0,172
2	Harnstoff	219	0,33	0,32
	NaCl	253	0,16	0,17

Die ermittelten Werte für die Harnstoff- und NaCl-Restkonzentrationen nach der Reinigung der Textilien lagen sowohl bei der Haushaltswaschmaschine als auch bei der Pilotmaschine im Bereich der Nachweisgrenze des eingesetzten Analyseverfahrens und belegen eine nahezu vollständige Entfernung dieser Verschmutzungen. Selbst relativ hohe Salz- und Harnstoff Konzentrationen können aufgrund ihrer guten Wasserlöslichkeit somit unter Verwendung eines normalen Waschprogramms mit der Pilotmaschine ausreichend aus dem Reinigungsgut entfernt werden.

Die Abbildung 19 zeigt beispielhaft für die Versuche mit konfektionierten Oberbekleidungsstücken das Erscheinungsbild eines Sakkos nach der Behandlung in der Pilotmaschine.



Abbildung 19: Reinigungsergebnis eines verschmutzten Schurwolle-Sakkos.

Gegenüber der Reinigung von Testgewebestücken, die in einlagiger Ausführung auf relativ einfachen Bügelsystemen an der Trommelwand fixiert werden konnten, erforderte

die Behandlung von konfektionierten Kleidungsstücken einen deutlichen höheren Aufwand zum Erzielen vergleichbarer Reinigungsleistungen. So wurde während der Versuche immer wieder insbesondere an Stellen, an denen mehrere Textillagen aufeinander lagen oder eine Faltenbildung beim Aufziehen der Ware erfolgt war, eine nur unzureichende Schmutzentfernung festgestellt. Da sich die eingehängten Textilien während des Reinigungsvorganges im fixierten Zustand befinden und demnach schlecht durchströmte Bereiche nicht mehr bzw. nur geringfügig umgelagert werden können, kommt der Sorgfalt mit der die Kleidungsstücke aufgehängt sowie der Verwendung angepasster Bügelsysteme auch bei der Schmutzentfernung eine entscheidende Bedeutung zu.

Zusammenfassend betrachtet konnte durch die durchgeführten Untersuchungen an der Pilotmaschine gezeigt werden, dass die Reinigungswirkung des neuen Verfahrens bezüglich der eingesetzten Schmutzarten und vergleichbarer Randbedingungen durchaus den Reinigungsleistungen konventioneller Nassreinigungen entspricht. Die Tatsache, dass bestimmte Verschmutzungen auch durch das neue Verfahren nicht restlos beseitigt werden können, liegt somit hauptsächlich in dem Lösevermögen des verwendeten Lösemittels „Wasser“ und nicht in der geänderten Waschmechanik begründet. Einen großen Einfluss auf die Schmutzentfernung haben bei dem neuen System jedoch die Verteilung der Wasch- und Spülflotten in der Maschinentrommel und die Art der Textilaufhängung und -fixierung hinsichtlich der Vermeidung von einzelnen nur unzureichend durchströmten Bereichen.

### 4.3 Wasserbedarf

Die für die Reinigung einer Textilcharge notwendige Wassermenge wird zum einen durch die mitgeführte Schmutzfracht bestimmt, die sich unter zu Hilfenahme von Detergentien möglichst vollständig in dem Wasser lösen und aus dem Textilgewebe abtransportiert werden muss. Darüber hinaus muss die in das Reinigungssystem eingebrachte Wassermenge groß genug sein, um im Zusammenwirken mit der jeweils erzeugten mechanischen Bewegung des Reinigungsgutes eine ausreichende Benetzung und Schmutzablösung in allen Bereichen des eingebrachten Reinigungsgutes zu gewährleisten. Im Allgemeinen wird bei der Nassreinigung in Trommelmaschinen ein Flottenverhältnis von etwa 1:5 als optimal angesehen. Oftmals werden in der Praxis aber deutlich höhere Werte von 1:7 bis 1:10 gewählt, insbesondere dann, wenn aufgrund der Empfindlichkeit bestimmter Textilien die Waschmechanik reduziert werden muss.

Die erste der beiden genannten Bedingungen kann durch die Anwendung des neuen Verfahrens nicht beeinflusst werden, denn sie wird ausschließlich durch die mitgeführte Schmutzfracht bestimmt. Bezüglich der für eine gleichmäßige Benetzung aller Textilbereiche notwendigen Wassermenge bestehen gegenüber der konventionellen Reinigung nach dem Tumble-Prinzip jedoch deutliche Unterschiede. Hier kann nach dem neuen Verfahren durch den ausgebreiteten Zustand der Textilien und der über den Trommelmantel gleichmäßig verteilten Eindüsung der Wasch- und Spüllösungen in relativ kurzer Zeit mit einer verhältnismäßig geringen Wassermenge eine vollständige Benetzung aller Textilbereiche erreicht werden. Da durch die erzeugten Fliehkräfte die in den Textilien enthaltene Flüssigkeit relativ schnell abtransportiert und durch neue Wasch- bzw. Spüllösung ersetzt wird, ist auch eine über die gesamte Textilfläche gleichmäßig verteilte Durchströmung des Reinigungsgutes gegeben. Im direkten Kontakt mit den Textilien befindet sich somit zu jedem Zeitpunkt während der Wasch- und Spülvorgänge nur eine relativ geringe Wassermenge (Verhältnisse von 1:1 bis 1:3), die jedoch mehrfach umgewälzt werden muss. Diese Verfahrensweise ermöglicht eine höhere Aufkonzentrierung von Schmutzstoffen in einem geringen Waschflottenvolumen zu Beginn der Hauptwäsche, die im weiteren Verlauf in mehreren Intervallen durch frische Lauge ersetzt werden kann, ohne dabei einen insgesamt höheren Wasserverbrauch als bei der konventionellen Nassreinigung zu erzeugen. Eine flexible Anpassung der Dosierintervalle für Wasch- und Spüllösungen an Art und Verschmutzungsgrad des Reinigungsgutes kann über eine entsprechende Programmierung der Maschinensteuerung vorgenommen werden.

In der folgenden Tabelle 2 sind die Reinigungsbedingungen und Verbrauchswerte der Pilotwaschmaschine für ein Waschprogramm aufgeführt, welches bei den Versuchen für die Behandlung von normal verschmutzter Oberbekleidung eingesetzt wurde. Bei diesen

Versuchen wurden in der Regel bis zu 4 Anzugjacken eingehängt, was einem Gesamttextilgewicht von etwa 3,5 – 4 kg entspricht.

Tabelle 2: Behandlungsbedingungen eines Rotoclean-Programmes (Beispiel).

<b>Hauptwäsche</b>	
Waschhilfsmittel	5 ml/l Spezialwaschmittel für Nassreinigung „Oldopal Basic“, BÜFA
Flottenverhältnis	1:2,5 (in 2 Abschnitten); Gesamt: 1:5
Zeit	13 Minuten
Temperatur	30 °C
Trommeldrehung	150 / 500 U/Min; Wechsel der Drehzahl im Minutentakt
<b>Spülen (je 3 x)</b>	
Flottenverhältnis	1:3
Zeit	3 Minuten
Temperatur	15 °C
Trommeldrehung	150 / 500 U/Min; Wechsel der Drehzahl im Minutentakt
<b>Endschleudern</b>	
1 Minute; 800 U/min	
<b>Trocknen</b>	
7 Min. bei 60°C, 1 Min kalt, bei Auslaufen d. Trommel (ca. 3-4 Min.)	

Der Gesamtwasserverbrauch (Wasch- und Spülwasser) pro Reinigungszyklus lag bei den durchgeführten Versuchen im Mittel bei ca. 10-15 Liter pro kg gereinigtem Textilgewicht. In Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad der Textilien wurden Teilströme des eingesetzten Wassers durch Zwischenspeicherung und Kreislaufführung mehrfach verwendet. So wurde bei der Behandlung von nicht ausgesprochen stark verschmutzten Textilien die letzten Spülbäder als Ansatzwasser für die Waschlauge des nächsten Reinigungsvorganges wieder verwendet.

Nach den Kriterien für die Vergabe des Umweltzeichens „Blauer Engel“ nach RAL-ZU 104 darf der Wasserverbrauch bei normaler Oberbekleidung mit gut zu entfernenden Verschmutzungen 12 Liter/kg gereinigte Ware nicht überschreiten. Berücksichtigt man bei den in den Versuchen ermittelten durchschnittlichen Wasserverbrauch der Pilotmaschine die teilweise Mehrfachnutzung der eingesetzten Wassermenge, so können die geforderten Bedingungen bei der Anwendung des neuen Verfahrens in der Regel eingehalten werden.

#### 4.4 Waschmechanik und Schleuderwirkung

Zur Beurteilung der Effektivität und des zeitlichen Verlaufs der mechanischen Entwässerung durch den Schleudervorgang wurden mehrere Versuche mit Testgeweben und konfektionierten Kleidungsstücken bei unterschiedlichen Trommeldrehzahlen durchgeführt. Da nach dem neuen Verfahren die zur Schmutzablösung erforderliche Waschmechanik ausschließlich durch ein wiederholtes Ausdrücken und Aufsaugen der Wasch- und Spülflüssigkeiten erfolgt und damit in engem Zusammenhang mit den durch die Fliehkraft erzeugten Flüssigkeitstransport im Textilmaterial steht, lieferten diese Versuche wichtige Hinweise für die Optimierung der Drehzahlregelung während des Reinigungsvorgangs.

Bei den Versuchen wurden die Textilien zunächst im vollständig getränkten Zustand gewogen und dann in die Reinigungstrommel eingehängt. Während des Abschleuderns in der Pilotmaschine wurde in bestimmten Zeitabständen der Schleudervorgang unterbrochen und die jeweilige Gewichtsabnahme bestimmt. Die Abbildung 20 zeigt den auf das Trockengewicht bezogenen Wassergehalt in Abhängigkeit der Trommeldrehzahl und der Schleuderzeitdauer.

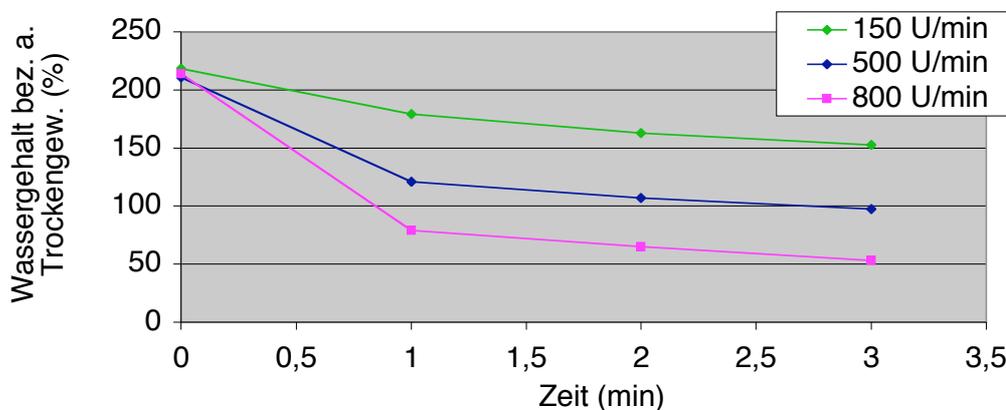


Abbildung 20: Mechanische Entwässerung von Woll-Testgewebe bei verschiedenen Schleuderdrehzahlen.

Dieses Diagramm verdeutlicht, dass etwa 70% des bei der jeweiligen Trommeldrehzahl abtrennbaren Wasservolumens innerhalb der ersten Minute aus den Textilien abgeschleudert werden. Absolut gesehen ist dies bei einer Drehzahl von 500 U/min ein Anteil von ca. 40% der in den Textilien enthaltenen Wassermenge und bei 800 U/min ein Anteil von ca. 60%. Eine weitere Verlängerung der Schleuderzeit erbringt im Verhältnis zu der dafür zusätzlich erforderlichen Zeitdauer nur noch eine geringe Zunahme des Wasservolumens. Aufgrund dieser Erkenntnis wurden für die Erzeugung der Waschmechanik in der Pilotmaschine die einzelnen Intervalle für den Wechsel der Trommeldrehzahl mit etwa 1 Minute als optimal angesehen.

Die Abbildung 21 zeigt den zeitlichen Verlauf der Entwässerung eines Schurwolle-Sakkos bei zwei verschiedenen Trommeldrehzahlen. Bei diesem Versuch wurde die Befeuchtung und Sättigung des Sakkos in der Reinigungsmaschine bei der Grunddrehzahl von 150 U/min vorgenommen, weshalb die Anfangsfeuchte zu Beginn des Versuchs auch deutlich niedriger ist als bei den Testgeweben in Abbildung 20. Ein weiterer Grund für die geringere Wasseraufnahme liegt in der Verwendung eines fertig konfektionierten Kleidungsstücks, die in den meisten Fällen bereits bei der Herstellung mit wasserabweisenden Ausrüstungen versehen sind.

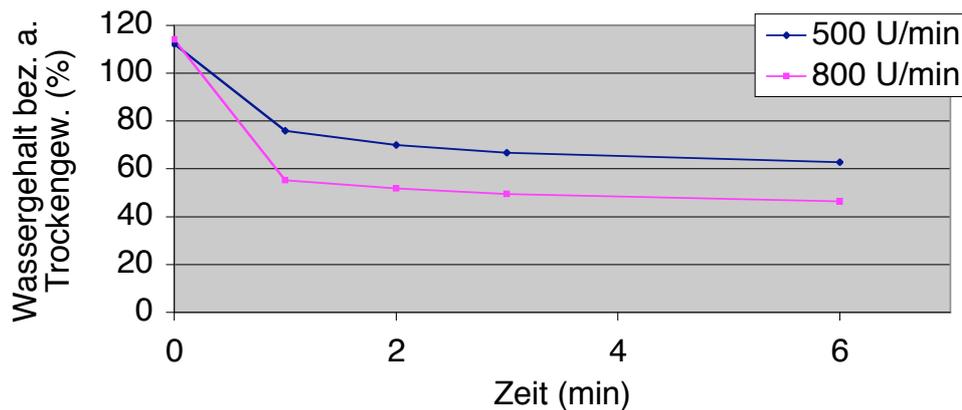


Abbildung 21: Mechanische Entwässerung eines Schurwolle-Sakkos bei verschiedenen Schleuderdrehzahlen.

Auch bei diesem Versuch ergaben sich hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs und der Drehzahlabhängigkeit vergleichbare Ergebnisse wie bei den Woll-Testgeweben, wobei bereits schon bei geringeren Trommeldrehzahlen niedrigere Restfeuchten erreicht wurden.

Für das abschließende Endschleudern nach dem letzten Spülzyklus wurde ebenfalls ein Zeitintervall von 1 Minute als hinreichend angesehen, da auch bei konfektionierten Kleidungsstücken durch eine Verlängerung der Schleuderzeit keine nennenswerte Absenkung der Restfeuchte erreicht werden konnte. Bei der in den meisten Versuchen verwendeten Schleuderdrehzahl von 800 U/min wurden in Abhängigkeit vom behandelten Textilmaterial Restfeuchten im Bereich von 40 – 50% bez. auf das Textiltrockengewicht erreicht. Durch eine weitere Erhöhung der Schleuderdrehzahl bis auf 1000 – 1100 U/min ließen sich die Restfeuchten zwar noch weiter verringern, jedoch mussten diese Versuche vorzeitig abgebrochen werden, da die Pilotmaschine in diesem Drehzahlbereich eine zu hohe Unwuchtschwingung erzeugte.

#### 4.5 Trocknung

In das 30-minütige Standardwaschprogramm der Pilotmaschine wurde für die Versuche eine 8-minütige Trocknungsphase integriert, deren zeitlicher Beginn auf den Ablauf des letzten Spülwassers gelegt wurde. Am Ende dieser Trocknungsphase enthielten die untersuchten Testgewebestücke bereits Restfeuchten von etwa 10 - 15 % bezogen auf das Textiltrockengewicht. Konfektionierte Kleidungsstücke hingegen enthielten zu diesem Zeitpunkt noch Restfeuchten von 30-40%. Die Abbildung 22 zeigt den Trocknungsverlauf eines Sakkos in der Pilotmaschine, wobei in diesem Versuch das Standardprogramm um 13 Minuten verlängert wurde.

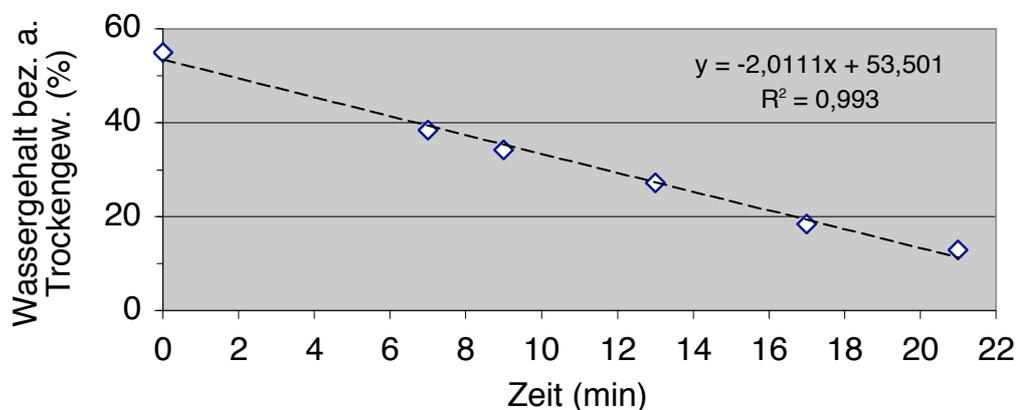


Abbildung 22: Trocknungsverlauf eines Schurwolle-Sakkos in der Pilotmaschine (60°C).

Nach einer Trocknungszeit von 20 Minuten bei 60°C Lufttemperatur lagen die Restfeuchten der untersuchten Sakkos bei etwa 10 - 15%. Bei diesen Feuchtigkeitsgehalten sind gereinigten Sakkos zwar noch nicht schranktrocken, jedoch wird das enthaltene Wasser nicht mehr als fühlbar feucht wahrgenommen. Bei einem Chargengewicht von etwa 3,5-4 kg betrug die Abnahme der absoluten Textilfeuchte in diesem Versuch ca. 70-80 g/min, das entspricht einer Reduzierung der Restfeuchte um 2 % pro Minute. Bei diesen Werten ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Pilotmaschine über keine ausreichende und wie bei Serienmaschinen übliche Isolierung verfügte und es somit zu hohen Wärmeverlusten über die Gehäuse- und Leitungsoberflächen kam. Auf eine vollständige Isolierung der Pilotmaschine wurde während des Versuchsprogramms bewusst verzichtet, um eine bessere Zugänglichkeit für die Beobachtung der Waschvorgänge zu gewährleisten sowie die Durchführung von technischen Änderungen zu erleichtern.

Im Vordergrund der durchgeführten Trocknungsversuche standen vielmehr das Textilverhalten und mögliche Qualitätsveränderungen durch den in die Pilotmaschine integrierten Trocknungsvorgang. Während in konventionellen Nassreinigungsmaschinen

die gereinigten Textilien nach dem Reinigungsvorgang zur Textilschonung in andere Trocknersysteme umgeladen werden müssen, ermöglicht die neue Verfahrensweise eine vollständige Behandlung in einer Maschine. Da die Textilien nach der Reinigung in der Pilotmaschine auch bei der anschließenden Trocknung in einem fixierten Zustand verbleiben, wird eine Knitterbildung weitestgehend vermieden. Der Trommelantrieb wird nach Ende des Endschleudervorgangs abgeschaltet, so dass die Waschtrommel aufgrund der Massenträgheit noch über einen Zeitraum von ca. 3-5 Minuten ausläuft. Beim Erreichen geringerer Drehzahlen werden die Bügelsysteme selbstständig durch das Nachlassen der wirkenden Fliehkräfte über Federsysteme von der Trommelrückwand abgehoben und ins Trommelinnere gezogen. Hierdurch wurde erreicht, dass auch die sonst an der Trommelwand anliegenden Rückseiten der Textilien besser durch die im Bereich der Trommeldrehachse einströmende Trocknungsluft erreicht und damit schneller und gleichmäßiger getrocknet werden.

Vergleiche mit direkt nach dem Schleudervorgang aus der Pilotmaschine entnommenen und luftgetrockneten Kleidungsstücken mit denen, die in der Reinigungsmaschine bei Temperaturen von 60-70°C getrocknet wurden, zeigten keine sichtbaren Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit. Das insgesamt glatte Warenbild der Textilien nach der Reinigung wird durch den Trocknungsvorgang nicht beeinträchtigt, so dass der Aufwand für das sonst übliche nachträgliche Finishing erheblich reduziert werden kann.

#### 4.6 Energieverbrauch

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Pilotmaschine wurden während mehrerer Versuchsläufe mit unterschiedlichen Programmeinstellungen elektrische Leistungsmessungen durchgeführt. Die Abbildung 23 zeigt den Versuchsaufbau zur Bestimmung der elektrischen Strom- und Leistungsaufnahme der Gesamtanlage sowie auch der Verbrauchswerte einzelner Aggregate.

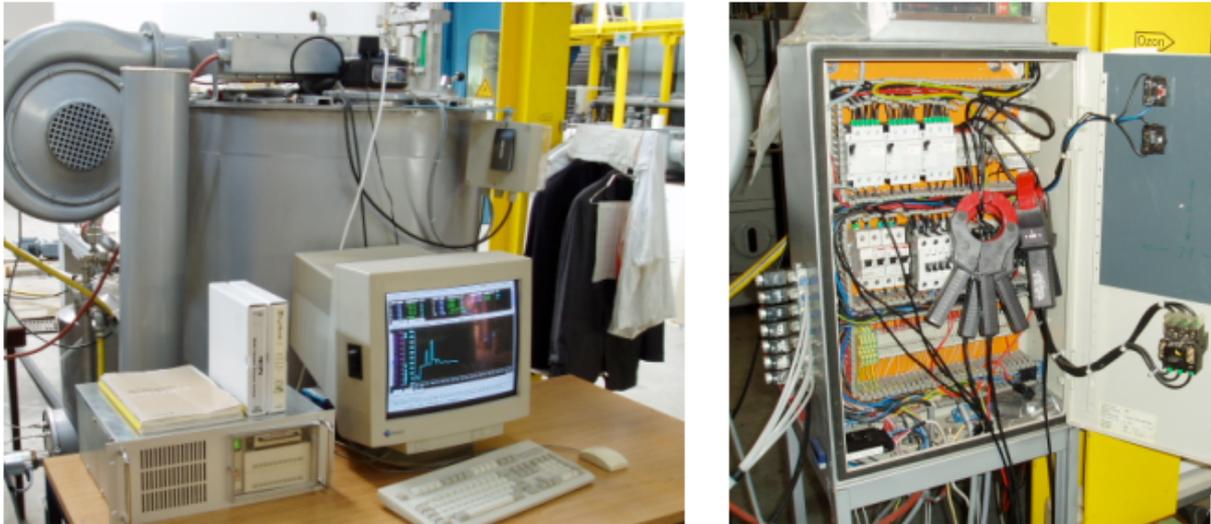


Abbildung 23: Versuchsaufbau zur Messung der Leistungsaufnahme der Pilotmaschine.

Die Abbildung 24 zeigt einen zeitlichen Verlauf der Leistungsaufnahme der Pilotanlage während eines typischen Reinigungszyklus mit einer Zuordnung zu den jeweiligen Aktionen der Programmsteuerung.

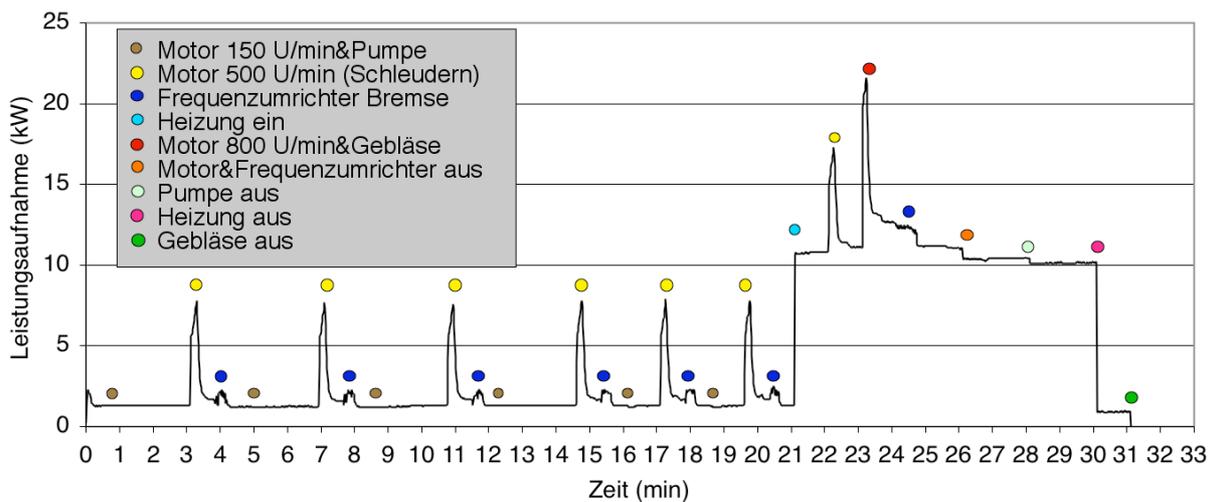


Abbildung 24: Verlauf der elektrischen Leistungsaufnahme während eines Reinigungszyklus der Pilotmaschine (Beispiel).

Der elektrische Gesamtenergieverbrauch der Pilotmaschine während eines vollständigen Reinigungsvorgangs lag in Abhängigkeit der gewählten Programmparameter durchschnittlich bei 2,0 bis 2,5 kWh. Der Anteil der elektrischen Heizaggregate am Gesamtverbrauch lag bei etwa 65-70%. Der Verbrauch des Trommelantriebes und der Hilfsaggregate (Pumpe, Gebläse, Regelungstechnik) lagen zusammen bei ca. 0,7 bis 1,0 kWh pro Reinigungsvorgang.

Die nach der RAL-UZ 104 geforderten Höchstwerte für den Energiebedarf besonders umweltschonender Nassreinigungssysteme liegen bei vollelektrischen Maschinen für das Waschen und Trocknen bei 0,5 kWh je kg Reinigungsgut für Heizstrom und 0,2 kWh je kg Reinigungsgut für den Betrieb von Antrieben und Hilfsaggregaten. Bei dampfbeheizten Nassreinigungssystemen dürfen zum Waschen und Trocknen 0,7 kWh je kg Reinigungsgut sowie ebenfalls 0,2 kWh für Antriebe und Hilfsaggregate nicht überschritten werden.

Werden die während des Versuchsbetriebes an der Pilotanlage gemessenen Verbrauchswerte auf das jeweils behandelte Chargengewicht bezogen, liegen die spezifischen Verbrauchswerte für Antrieb und Hilfsaggregate mit 0,17 – 0,24 kWh je kg Textilgewicht in etwa der gleichen Größenordnung wie die nach der RAL-UZ 104 geforderten Werte. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei den Versuchen relativ geringe Chargengewichte behandelt wurden und es sich zudem um Messungen an einem Prototyp handelte. Die für den Versuchsbetrieb notwendige, relativ robuste Ausführung der Reinigungstrommel kann für eine spätere Serienmaschine durch entsprechend leichtere Konstruktionen ersetzt werden, durch die weitere Einsparungen bei der benötigten Antriebsenergie möglich sind.

Der Vergleich der gemessenen Leistungsaufnahme des elektrischen Heizregisters während eines vollständigen Trocknungsvorgangs mit dem jeweils behandelten Textilgewicht führt zu einem unverhältnismäßig hohen spezifischen Energieverbrauch von etwa 0,8 – 1,1 kWh je kg Textilgewicht. Dies liegt im Wesentlichen in den hohen Wärmeverlusten aufgrund fehlender Isolation des Prototypen und des - auf das Trommelvolumen bezogen - relativ geringen Chargengewichtes begründet.

Auf der Basis bisheriger Erfahrungen bei der Konstruktion und Fertigung konventioneller Reinigungsmaschinen ist aber davon auszugehen, dass bei einer entsprechenden Wärmeschutzisolierung und einer kompakteren Bauweise einer späteren Serienmaschine die geforderten Werte für den Heizenergiebedarf ebenfalls erreicht werden können.

#### **4.7 Versuche mit externer Begutachtung**

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Versuche wurden in Zusammenarbeit mit dem Textilforschungsinstitut Hohenstein durchgeführt. Das Prüflabor der Abteilung „Textile Dienstleistungen & Innovationen“ dieses Institutes verfügt über langjährige Erfahrung im Bereich der professionellen Textilreinigung sowie über entsprechende maschinentechnische Ausstattungen und Analysemethoden zur Bewertung neuer Textilbehandlungsverfahren.

Durch diese abschließenden Untersuchungen sollte die Wirkung des neuen Nassreinigungsverfahrens im Vergleich zu konventionellen Verfahren geprüft und bewertet werden. Der vollständige Untersuchungsbericht des Forschungsinstitutes Hohenstein ist als Anlage diesem Bericht beigelegt.

Die Untersuchungen gliederten sich in zwei Abschnitte. Zunächst wurde eine Auswahl von verschiedenen Textilmaterialien auf ihre Veränderung unter dem Einfluss der verschiedenen Behandlungsverfahren hin untersucht. Zusätzlich wurde ein orientierender Versuch zum Verhalten wasserlöslicher Verschmutzungen durchgeführt. Im zweiten Abschnitt wurde der Einfluss einer chemischen Reinigung mit dem Lösemittel Perchlorethylen, einer konventionellen Nassreinigung und der Behandlung in der Pilotmaschine (Rotoclean) auf fertig konfektionierte Oberbekleidungsstücke untersucht.

##### **4.7.1 Versuche mit unterschiedlicher Textilmaterialien**

Für diese Versuche wurden acht unterschiedliche Testmaterialien ausgesucht, die sich bezüglich ihrer Pflegeeigenschaften z. T. deutlich unterscheiden. Aus diesen Textilmustern wurden Flächengebilde genäht, die für die Behandlung in der Pilotmaschine auf einfache Bügel gehängt werden konnten. Die Abbildung 25 zeigt ein beispielhaft eines der erstellten Textilmuster. Für die Untersuchungen wurden folgende Textilmaterialien, differenziert nach Kett- und Schussrichtung, ausgewählt:

- Viskose / Viskose-Wolle
- Seide
- Leinen
- Baumwolle / Baumwolle-Polyester
- Wolle-Polyamid
- Wolle
- Seide
- Acetat / Acetat-Viskose



Abbildung 25: Textilprüfling aus Leinen.

Diese Textilprüflinge waren mit Messmarkierungen versehen und im Originalzustand vermessen. Jeweils ein Exemplar jeder Materialart wurde dann im Forschungsinstitut Hohenstein mehrmals einer chemischen Reinigung, einer konventionellen Reinigung und im CUTEC-Institut einer Behandlung nach dem neuen „Rotoclean“-Verfahren in der Pilotmaschine unterzogen. Alle Prüfmaterialien wurden dabei jeweils nach der ersten und nach der fünften Behandlung vermessen sowie nach einem darauf folgenden Bügelvorgang nochmals vermessen.

Eine detaillierte tabellarische Auflistung aller Einzelmessungen ist dem Untersuchungsbericht im Anhang zu entnehmen. Da die eingesetzten Materialien trotz jeweils gleicher Behandlungsbedingung in jedem der drei Verfahren unterschiedlich auf die jeweiligen Behandlungsbedingungen reagieren, ist die Beurteilung der Ergebnisse für jedes Textilmaterial einzeln durchgeführt worden.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass die Maßänderung aller Prüflinge in der Regel mit der Häufigkeit der Behandlungen zunimmt. Die mit der Pilotanlage gereinigten Prüflinge zeigten nach fünf Pflegezyklen zwar stärkere Maßveränderungen als die, die in Perchlorethylen bearbeitet wurden, aber deutlich geringere Veränderungen als bei der konventionellen Nassreinigungsmethode. Durch einen nachträglichen Bügelvorgang konnten diese Veränderungen in allen Fällen wieder deutlich reduziert werden, so dass die – mit Ausnahme der meisten im konventionellen Verfahren nassgereinigten Textilmuster – in einem tolerablen Bereich lagen (Maßänderungen < 2%). Bei den Textilmaterialien, bei denen auch nach dem Rotoclean-Verfahren die Toleranzgrenze überschritten wurde, handelte es sich um Fasern und/oder Verarbeitungen, bei denen die Einwirkung von Wasser allein schon zu Maßänderungen führt.

Deutliche Unterschiede zwischen den Behandlungsverfahren konnten bei der Beurteilung des Warenbildes und –griffes beobachtet werden. Während die in Perchlorethylen und der Pilotmaschine gereinigten Textilmuster keine sicht- und fühlbaren Strukturveränderungen aufwiesen, waren solche jedoch deutlich bis stark bei den konventionell nassgereinigten Materialien festzustellen.

### **4.7.2 Versuche mit fertig konfektionierten Textilien**

Für diese Versuche wurden acht – aus einer gleichen Herstellungsserie stammende – Schurwolle-Sakkos eingesetzt. Diese wurden ebenfalls vor Beginn der Behandlung nach den verschiedenen Verfahren zunächst mit Messmarkierungen versehen und im Originalzustand vermessen. Anschließend wurden fünf dieser Sakkos jeweils ein- bis fünfmal in der Pilotmaschine behandelt und vermessen. Parallel dazu wurde jeweils ein weiteres Exemplar zunächst einmal und nachfolgend weitere fünfmal in einer chemischen Reinigungsmaschine und einer konventionellen Nassreinigungsmaschine gereinigt. Bei

der Bewertung der Behandlungsergebnisse wurden der Oberstoff (reine Schurwolle) und das Futter (100% Viskose) getrennt voneinander bewertet (s. Untersuchungsbericht im Anhang).

Bezüglich der Maßänderung nach fünf Reinigungszyklen waren bei den Sakko-Oberstoffen keine Unterschiede zwischen den drei verschiedenen Behandlungsverfahren feststellbar. Die erreichten Werte nach der Rotoclean-Methode waren von denen nach der Lösemittelreinigung nicht oder nur geringfügig zu unterscheiden und lagen fast alle in einem tolerablen Bereich.

Bei dem Viskose-Futterstoff der Sakkos hingegen wurden bei beiden Nassreinigungsverfahren deutlich stärkere Maßveränderungen festgestellt. Diese konnten durch nachträgliches Bügeln zwar wieder verringert werden, in einigen Fällen jedoch nicht bis auf tolerable Werte reduziert werden.

Bei der Beurteilung des Warenbildes und -griffes zeigten die nach dem Rotoclean-Verfahren und den in Perchlorethylen gereinigten Oberstoffe nur geringe Unterschiede. Demgegenüber wies das nach dem konventionellen Nassreinigungsverfahren behandelte Sakko eine deutlich rauere Oberfläche sowie teilweise Textilbeschädigungen auf.

Die Futterstoffe der nassgereinigten Sakkos zeigten eine stärkere Knitterbildung und Lappigkeit gegenüber des in Perchlorethylen gereinigten Sakkos, die jedoch durch die Einflüsse des Bügelns nahezu beseitigt werden konnten.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die im Rahmen dieses Vorhabens durchgeführte Entwicklung eines neuen Textilreinigungsverfahrens sollte der Nachweis erbracht werden, dass auch empfindliche Textilien wie Oberbekleidungen und Heimtextilien mit dem umweltfreundlichen Lösungsmittel Wasser ohne negative Textilveränderungen behandelt werden können. In konventionellen Nassreinigungssystemen ist dies bisher nur in einem sehr eingeschränkten Umfang möglich, da in Zusammenhang mit der herkömmlichen Maschinenteknik häufig negative Textilveränderungen (Krumpfen, Strukturveränderungen der Oberfläche, etc.) auftreten sowie ein hoher Aufwand für die Nachbehandlung (Bügeln, „Finishing“) erforderlich ist.

In der ersten Projektphase wurde eine Pilot-Reinigungsmaschine konstruiert und aufgebaut. Diese unterscheidet sich im Wesentlichen von den konventionellen Systemen durch eine fixierte Aufhängung der Textilien auf speziellen Bügelsystemen, wodurch eine deutlich schonendere Waschmechanik erreicht werden sollte.

Während der Erprobungsphase mussten an dem Prototyp zunächst einige technische Änderungen zur Optimierung des Reinigungsvorgangs durchgeführt werden. So wurde beispielsweise das ursprüngliche Konzept der Medienzufuhr über ein an ein Zentralrohr gekoppeltes Verteilungssystem in den Innenbereich der Textilaufhängungen durch eine alternative Variante mit Außenbesprühung der Textilien in Kombination mit speziell gepolsterten Bügelsystemen ersetzt. Hierdurch konnte bei deutlich verringertem Hilfsenergiebedarf (Pumpen, Gebläse) eine wesentlich gleichmäßigere Medienverteilung im Reinigungsgut erreicht werden. Die Integration von relativ steifen, grobporigen Schaumstoffen in die Bügelsysteme führte zu einem guten Weitertransport der auf die Warenoberfläche aufgesprühten Wasch- und Spülflüssigkeiten in den Innenbereich der Textilien. Auch für den integrierten Trocknungsvorgang konnten durch Änderungen an der Luftzuführung und den Textilaufhängungen verbesserte Behandlungsbedingungen geschaffen werden.

Im Anschluss an die durchgeführten Modifizierungen an der Pilotmaschine wurde die mechanische Beanspruchung empfindlicher Textilien unter Einwirkung der geänderten Waschmechanik näher untersucht. Bei diesen Versuchen, die zunächst mit standardisierten Woll-Textgeweben unter genormten Prüfbedingungen durchgeführt wurden, konnte eine deutlich geringere Textilkrimpung gegenüber einer Behandlung in einer Haushaltswaschmaschine mit Schonprogramm festgestellt werden. Die ermittelten Maßänderungen lagen auch nach mehreren Behandlungszyklen im Bereich  $< 2\%$  und wiesen ein gleichmäßiges, knitterfreies Erscheinungsbild auf.

In weiteren Versuchen an der Pilotmaschine wurde neben der Effektivität der Schmutzentfernung auch der Einfluss der Reinigungsdauer, der Trommeldrehzahlen und des integrierten Trocknungsprozesses auf das jeweilige Behandlungsergebnis untersucht und optimiert. Parallel dazu wurden die bei der Reinigung von konfektionierten Kleidungsstücken eingesetzten Bügelsysteme sowie der Programmablauf der Pilotmaschine fortlaufend weiterentwickelt.

Bei der Entfernung von wasserlöslichem Schmutz konnten bei den in der Pilotmaschine behandelten Textilien vergleichbar gute Ergebnisse wie bei der Reinigung in der Referenzwaschmaschine erzielt werden.

Durch Messungen der eingesetzten Wassermengen und der elektrischen Leistungsaufnahme während der Versuche konnte gezeigt werden, dass sich bei der Reinigung einer normal verschmutzten Textilcharge die Verbrauchswerte der Pilotmaschine in einem akzeptablen Rahmen befinden. Eine Einhaltung der nach den Kriterien für die Vergabe des Umweltzeichens „Blauer Engel“ geforderten Grenzwerte ist bei entsprechenden Nachbesserungen als realistisch einzuschätzen.

In einem abschließenden Untersuchungsabschnitt wurde die Wirkung des in diesem Vorhaben entwickelten Reinigungsverfahrens im Vergleich zu konventionellen Verfahren geprüft. Diese Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem Textilforschungsinstitut Hohenstein durchgeführt, durch das auch eine Bewertung der Versuchsergebnisse erfolgte. Hierbei wurden sowohl die Einflüsse der verschiedenen Behandlungsverfahren auf unterschiedliche Textilmaterialien als auch auf fertig konfektionierte Oberbekleidung (Sakkos) untersucht. Im Ergebnis dieser Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Mehrzahl der in der Pilotmaschine gereinigten Textilmaterialien in der Maßhaltigkeit sowie der Oberflächenqualität in einem tolerierbaren Bereich näher an den Ergebnissen der chemischen Reinigung mit Perchlorethylen lagen, als an denen der konventionellen Nassreinigung. Bei einigen Textilmustern (z.B. Acetat) stellte sich jedoch heraus, dass bei ihrer Behandlung allein schon die Anwesenheit von Wasser unabhängig von der Waschmechanik zu Veränderungen der Materialstruktur führt. Auch bei den Versuchen mit konfektionierten Sakkos wurde mit der Pilotmaschine ein annähernd gleiches Ergebnis erreicht wie nach der Per-Reinigung, wohingegen die Behandlung in einer herkömmlichen Nassreinigungsmaschine zu einer deutlichen Veränderung der Oberflächenstruktur (z. T. auch zu Textilbeschädigungen) führte, die auch nicht durch einen nachträglichen Bügelvorgang rückgängig zu machen war.

Die Ergebnisse dieses Vorhabens haben gezeigt, dass mit der geänderten Verfahrenstechnik der Pilotmaschine empfindliche Textilien wie Oberbekleidungen durchaus mit dem umweltfreundlichen Lösemittel Wasser gereinigt werden können. Die mechanische Belastung, die bisher in konventionellen Nassreinigungssystemen zu

irreversiblen Maß- und Strukturveränderungen führte, konnte durch das neue Verfahren deutlich reduziert werden. Sicherlich bestehen auch weiterhin Einschränkungen bei der Anwendbarkeit dieser neuen Nassreinigungstechnik bezüglich bestimmter wasserempfindlicher Textilmaterialien, jedoch kann durch das neue Verfahren das Spektrum der mit Wasser zu reinigenden Textilarten erheblich erweitert werden.

Es ist geplant, die Ergebnisse dieses Vorhabens über bestehende Kontakte der Fa. Multitex entsprechenden Branchenverbänden (Deutscher Textilreiniger Verband, CINET Europäischer Verband der Textilreiniger) vorzustellen und für Unterstützung bei einer Markteinführung dieses Verfahrens zu werben. Weiterhin sollen die Ergebnisse dieses Vorhabens in branchenspezifischen Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

Als erschwerend für eine Markteinführung dieser neuen Nassreinigungstechnik wirkt sich gegenwärtig jedoch die geringe Nachfrage nach neuen Textilreinigungsmaschinen aus. Grund hierfür ist eine in den letzten Jahren rückläufige Umsatzentwicklung im Bereich der gewerblichen Textilreinigung, insbesondere bei den kleinen und mittelständigen Betrieben. Dennoch bestehen gerade im Bereich kleiner Dienstleistungsbetriebe, für die der Betrieb von lösungsmittelbasierten Reinigungsmaschinen durch verschärfte gesundheits- und umweltrechtliche Auflagen zunehmend erschwert wird, durchaus Chancen mit neuen umweltfreundlichen Verfahren diesem negativen Trend entgegenzuwirken und Anreize für neue Investitionen zu schaffen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein e.V.: „Möglichkeiten zur Substitution von Chlorkohlenwasserstoffen in der Textilreinigung, BMFT-Forschungsvorhaben, FKZ 01 ZH 9303, Okt. 1997
- [2] B. Müller, R. Augustin, H. Höcker; Schriftenreihe des deutschen Wollforschungsinstitutes 105, 123, 1990
- [3] J. Siedler; Der Ersatz von Perchlorethylen durch nichtkarzinogene Lösemittelsysteme in chemischen Breitbehandlungsanlagen zur Wollgewebereinigung, Dissertation, RWTH Aachen, 1992
- [4] H. Habs, M. Habs, W. Forth; Dt. Apotheker Zeitung 34, 1729, 1988
- [5] Anonym; Wäscherei- und Reinigungspraxis 2, 6, 1989
- [6] H. Krüssman, Th. Bluhm, J. Bohnen; „Minderung der Emissionen halogenorganischer Verbindungen in der Textilreinigung – Lösungswege für Berufsbekleidung“ ,BMFT-Forschungsvorhaben Nr. 01 ZH 8915, 1991
- [7] DTV-Dachverband des deutschen Textilreinigungsgewerbes, Statistik der Textilreinigungsbetriebe, <http://www.dtv-bonn.de>
- [8] U. Günther; „Lösemittel und Reinigungstechnik“ , Reiniger & Wäscher, 55. (101.) Jahrgang; 5/2002
- [9] K. K.; Bericht über die DTV-Verbandstagung in Berlin, Reiniger & Wäscher, 53. (99.) Jahrgang; 11/2000
- [10] Juri Umweltzeichen; unabhängiges Beschlussgremium zur Vergabe des „Blauen Engel“-Umweltzeichens, <http://www.blauer-engel.de>; RAL-UZ 104; 5/2002
- [11] H. Rödel, C. Herzberg; „Nassreinigung von Textilien als Alternative zur Chemischreinigung“, Jahrbuch der Bekleidungswirtschaft 2001, Fachverlag Schiele & Schön, Berlin
- [12] VDI-Kommission Reinhaltung der Luft; Halogenierte organische Verbindungen in der Umwelt - Herkunft, Messung, Wirkung, Abhilfemaßnahmen; Band I, Band II, VDI-Berichte 745, VDI-Verlag, Düsseldorf 1989
- [13] A. Böttger; „Aktuelle Ergebnisse zur toxikologischen Bewertung von Chlorkohlenwasserstoffen (CKW)“, in: Umweltbelastungen durch Halogenwasserstoffe – Alternativen und rechtliche Maßnahmen, UTECH Berlin, Umwelttechnologieforum 1991

- [14] Deutsches Patent DE 43 42 008 C2
- [15] Internationale Patentanmeldung WO 002005103359 A3
- [16] BIA-Report 3/03 – Stoffdossier Tetrachlorethen (PER), Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Mai 2003, ISBN: 3-88383-639-7

## **7 Anhang**

**7.1:** Auszug aus der IEC/EN 60456 über die Durchführung von Versuchen zur Textilkrumpfung

**7.2:** Messprotokolle der Krumpfversuche mit dem IWS-Wollgewebe

**7.3:** Bericht des Textilforschungsinstituts Hohenstein

**Anhang 7.1:** Auszug aus der IEC/EN 60456 über die Durchführung von Versuchen zur Textilkrimpung

**Page 25**  
**EN 60456:1999**

The total energy consumption  $E_T$  of washing machines having no heating elements or with cold and hot water supply is the energy consumption measured during the cycle  $E_c$  plus the calculated energy  $E_h$  needed to heat the hot water used during the cycle. Cold water supply energy corrections shall not be calculated.

$$E_T = E_c + E_h$$

$$E_h = \frac{V_h \times (t_h - 15)}{860}$$

where:

$V_h$  is the volume of hot water in litres used during the cycle;  
 $t_h$  is the temperature of the hot water entering the appliance being tested;  
 1/860 is the energy equivalent.

**13 VOID****14 Shrinkage during the wool wash programme****14.1 General**

This clause contains specifications for measuring the shrinkage rate (SR) during the wool wash programme.

**14.2 Material and equipment**

The load consists of base load as specified in 7.1.3 and test pieces with the specifications indicated below.

Wool quality	100 % wool fabric – plain weave
Mass per unit area	(150 ± 10) g/m <sup>2</sup> (ISO 3801)
Warp	(114 ± 10) ends per 10 cm (ISO 7211-2)
Weft	(118 ± 10) picks per 10 cm (ISO 7211-2)
Size of test pieces	(34 × 35) cm (approximately), with marker threads along the edges

NOTE - A suitable test fabric conforming to these characteristics is produced for the Standards and Testing Department of the International Wool Secretariat Technical Centre, Valley Drive, Ilkley, West Yorkshire, England, and carries the reference IWS SM 12. The information given is for the convenience of users of this standard and does not constitute an endorsement by IEC of this product. Equivalent fabrics may be used if they can be shown to lead to the same results.

Detergent and dosage as specified in 7.4.

Tray with flat bottom about 50 cm × 50 cm and with about 5 cm high sides.

Steel ruler accurate to ±0,5 mm.

### 14.3 Procedure

#### 14.3.1 Preparation of test pieces

Three test pieces are prepared for each test cycle.

0,5 cm is frayed round all four sides in order to reduce edge felting, which can cause distortion of the fabric. Make "V" cuts into each side of the fabric as shown in figure 3. The test piece has marker threads in both the weft and warp directions, as illustrated in figure 3.

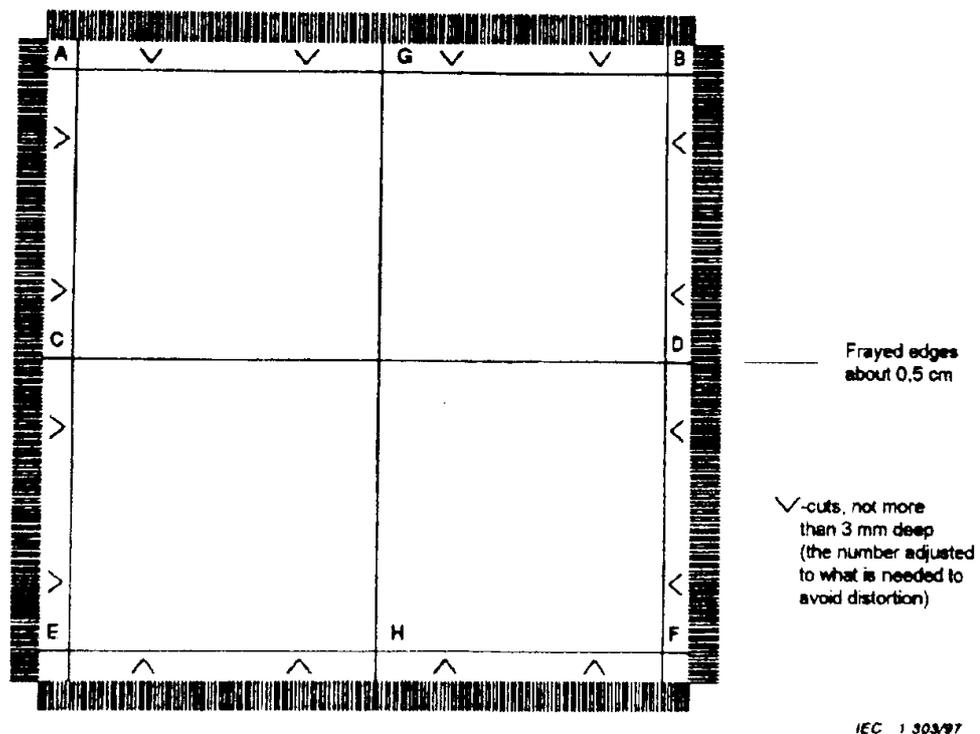


Figure 3 – Test piece for determination of wool shrinkage

1,5 l water of 40 °C is mixed with 3 g of basic powder of the reference detergent A until completely dissolved. The test pieces are then immersed in the liquid for one hour. They are then rinsed three times in at least 1,5 l water at 15 °C for 10 min without agitation.

The initial measurements of the test pieces are established after they have been immersed in water to a depth of 1 cm at 15 °C for 15 min in the tray. They are then completely immersed and any air bubbles removed without distorting the fabric. More information on dimensions can be obtained from figure 3. The original average measurements of the width and length are then calculated – see 14.4 and figure 3 for more details.

### 14.3.2 Wool programme test

*The washing machine is filled with the three test pieces previously prepared and measured together with a base load of polyester textiles in accordance with 7.1.3 corresponding to the rated capacity of the washing machine under test. If the washing machine has several programmes available for washing wool, the programme with the highest temperature shall be used for the test.*

*Reference detergent A is pre-dissolved in 40 °C water and stirred for 10 min. The dissolved detergent is then added to the washing machine during the first water intake.*

*On completion of the wool wash programme (including spin extraction where included automatically but excluding drying), remove the three test pieces from the drum and prepare them for measurement. When spin extraction is not carried out automatically, follow the manufacturer's instructions. If there are no specific instructions and there is a spin extraction programme, this shall be used. In the absence of a spin extraction facility, remove the test pieces and gently squeeze by hand.*

*Transfer the test pieces to the tray for measurement gently flattening them by hand. In the event that fabric distortion makes accurate measurement impossible, renew the "V" cuts as often as is necessary. Measure and record the heights and widths as required in 14.4.*

*Repeat until six test cycles have been completed. Do not dry the test pieces between consecutive test cycles.*

*Repeat the same procedure once with new test pieces from the same batch of fabric to obtain a second set of six measurements.*

### 14.3.3 Calibration of test pieces

Each batch of fabric used in the production of test pieces shall be calibrated. This is done by washing in the reference washing machine with the reference wool programme given in annex A. A reference shrinkage level for the batch is determined according to the same procedure as in 14.3.2.

### 14.4 Evaluation

The measurements of the test pieces are taken before and after washing in the following order (see figure 3): A-B, C-D, E-F, B-F, G-H, A-E

The following calculations are carried out:

a) average width and length after each washing cycle

The arithmetic mean of the individual readings for each set of three measurements (e.g. A-B, C-D, E-F and B-F, G-H, A-E) is calculated

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{3}$$

**b) linear felting shrinkage after each washing cycle**

The linear felting shrinkage, for width and length is calculated:

$$\% \text{ width or length shrinkage} = \frac{OM - WM}{OM} \times 100$$

where

**OM** are the original mean measurements (width or length), after initial preparation as specified in 14.3.1;

**WM** are the mean measurements (width or length) of the washed test pieces, after each wool programme test cycle as specified in 14.3.2.

**c) area felting shrinkage**

The area felting shrinkage after each wash is calculated:

$$\text{area shrinkage} = WS + LS - \frac{WS \times LS}{100}$$

where

**WS** is the percentage of the width shrinkage;

**LS** is the percentage of the length shrinkage.

**d) shrinkage rate index**

The average of the percentage area felting shrinkage for test cycles 3, 4, 5, and 6 of the two sets  $SR_{\text{test}}$  is calculated for the washing machine under test. The corresponding value from the same batch of test pieces,  $SR_{\text{ref}}$  is also calculated for the reference washing machine.

The shrinkage rate index for the washing machine is calculated as follows:

$$\frac{SR_{\text{test}}}{SR_{\text{ref}}}$$

**15 Wrinkling**

*Under consideration*

**16 Wear suffered by textiles**

*Under consideration.*

**Anhang 7.2:** Messprotokolle der Krumpfversuche mit dem IWS-Wollgewebe (s. Kap. 4.1)

Projekt: 1853 DBU  
 Nr:  
 Datum: 17.02.2005

**1. Ausmessen original Wolltextilie nach EN**

a.) Woll-Prüftextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel GH-37 (2g/L)  
 Maße siehe Tabelle D.1

b.) Waschen in **Rotaclean** (siehe Vorversuche)  
 Maße siehe Tabelle D.2

Tabelle D  
 1. Durchlauf

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte	
	D.1	D.2	D.1	D.2	D.1	D.2	D.1	D.2
<b>Kettrichtung</b>	cm						<b>25,44</b>	<b>25,28</b>
A - B	25,4	25,3	25,4	25,3	25,5	25,3	25,43	25,30
C - D	25,4	25,3	25,4	25,2	25,5	25,3	25,43	25,27
E - F	25,5	25,2	25,4	25,3	25,5	25,3	25,47	25,27
<b>Schussrichtung</b>							<b>28,07</b>	<b>28,03</b>
A - E	28,0	28,3	28,2	28,1	28,1	28,1	28,10	28,17
G - H	27,9	27,8	28,1	27,8	28,0	28,0	28,00	27,87
B - F	28,1	28,1	28,1	28,0	28,1	28,1	28,10	28,07

0,7%

0,1%

2. Durchlauf

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte	
	D.1	D.2	D.1	D.2	D.1	D.2	D.1	D.2
<b>Kettrichtung</b>	cm						<b>25,33</b>	
A - B		25,3		25,4		25,3		25,33
C - D		25,2		25,4		25,3		25,30
E - F		25,3		25,5		25,3		25,37
<b>Schussrichtung</b>							<b>27,79</b>	
A - E		27,8		28,0		27,9		27,90
G - H		27,8		28,0		27,9		27,90
B - F		27,3		27,6		27,8		27,57

0,4%

1,0%

3. Durchlauf

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte	
	D.1	D.2	D.1	D.2	D.1	D.2	D.1	D.2
<b>Kettrichtung</b>	cm						<b>25,29</b>	
A - B		25,3		25,3		25,3		25,30
C - D		25,4		25,3		25,3		25,33
E - F		25,2		25,3		25,2		25,23
<b>Schussrichtung</b>							<b>27,71</b>	
A - E		28,0		28,0		28,0		28,00
G - H		27,9		27,8		27,8		27,83
B - F		27,4		27,2		27,3		27,30

0,6%

1,3%

Durchläufe	Kett (R Schuß	Fläche (Rotaclean)
0	0	0
1	0,7%	0,1% 0,8%
2	0,4%	1,0% 1,4%
3	0,6%	1,3% 1,9%

**1. Ausmessen original Wolltextilie nach EN**

a.) Woll-Prüftextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel GH-37 (2g/L)  
 Maße siehe Tabelle E.1

b.) Waschen in **Haushaltswaschmasch.** (siehe Vorversuche aber Schleuder Umdreh: 600 U/mi)  
 Maße siehe Tabelle E.2

Tabelle E  
 1. Durchlauf

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte	
	E.1	E.2	E.1	E.2	E.1	E.2	E.1	E.2
<b>Kettrichtung</b>	cm						<b>25,54</b>	<b>24,98</b>
A - B	25,5	25,0	25,6	25,2	25,5	25,0	25,53	25,07
C - D	25,6	24,8	25,6	25,0	25,5	24,8	25,57	24,87
E - F	25,5	25,1	25,6	24,8	25,5	25,1	25,53	25,00
<b>Schussrichtung</b>							<b>27,97</b>	<b>27,63</b>
A - E	27,8	27,7	28,1	27,8	28,1	27,5	28,00	27,67
G - H	27,8	27,3	28,0	27,8	27,9	27,3	27,90	27,47
B - F	27,9	27,6	28,1	28,2	28,0	27,5	28,00	27,77

2,2%

1,2%

2. Durchlauf

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte	
	E.1	E.2	E.1	E.2	E.1	E.2	E.1	E.2
<b>Kettrichtung</b>	cm						<b>24,72</b>	
A - B		24,8		24,8		24,7		24,77
C - D		24,7		24,8		24,6		24,70
E - F		24,7		24,7		24,7		24,70
<b>Schussrichtung</b>							<b>27,3</b>	
A - E		27,3		27,4		27,5		27,40
G - H		27,0		27,2		27,2		27,13
B - F		27,3		27,4		27,4		27,37

3,2%

2,4%

3. Durchlauf

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte	
	E.1	E.2	E.1	E.2	E.1	E.2	E.1	E.2
<b>Kettrichtung</b>	cm						<b>24,31</b>	
A - B		24,2		24,5		24,2		24,30
C - D		24,2		24,7		24,2		24,37
E - F		24,2		24,3		24,3		24,27
<b>Schussrichtung</b>							<b>26,83</b>	
A - E		26,8		27,0		26,7		26,83
G - H		26,6		26,8		26,6		26,67
B - F		26,8		27,4		26,8		27,00

4,8%

4,1%

Durchläufe	Kett (H Schuß	Fläche (Haushalts-WM)	Krumpfverhältnis-Index
0	0	0	0
1	2,2%	1,2% 3,4%	22,8%
2	3,2%	2,4% 5,5%	25,7%
3	4,8%	4,1% 8,7%	21,5%

# Anhang 7.2

Projekt: 1853 DBU  
 Nr:  
 Datum: 11.03.2005

## 1. Ausmessen original Wolltextilie nach EN

a.) Woll-Prüftextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel GH-37 (2g/L)  
 Maße siehe Tabelle F.1

b.) Waschen in Rotaclean (siehe Vorversuche)  
 Maße siehe Tabelle F.2  
 Bügel zwischen den Punkten B-F mit Metallklammern befestigt

Tabelle F  
 1.Durchlauf 10.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>25,5</b>	<b>25,47</b>
A - B	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,50	25,50	
C - D	25,5	25,5	25,5	25,4	25,5	25,5	25,50	25,47	
E - F	25,5	25,5	25,5	25,4	25,5	25,4	25,50	25,43	
<b>Schussrichtung</b>								<b>27,99</b>	<b>27,91</b>
A - E	28,1	28,0	28	28,1	27,9	27,9	28,00	28,00	
G - H	28,1	27,9	27,9	28	27,9	27,9	27,97	27,93	
B - F	28,1	27,7	27,9	27,8	28,0	27,9	28,00	27,80	

0,1%

0,3%

2.Durchlauf 10.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>25,32</b>	
A - B		25,3		25,4		25,3		25,33	
C - D		25,3		25,3		25,4		25,33	
E - F		25,3		25,3		25,3		25,30	
<b>Schussrichtung</b>								<b>27,86</b>	
A - E		28		27,8		28		27,93	
G - H		27,8		27,8		28		27,87	
B - F		27,7		27,7		27,9		27,77	

0,7%

0,5%

3.Durchlauf 10.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>25,39</b>	
A - B		25,3		25,5		25,3		25,37	
C - D		25,5		25,4		25,3		25,40	
E - F		25,5		25,4		25,3		25,40	
<b>Schussrichtung</b>								<b>27,9</b>	
A - E		28,0		28,0		28,0		28,00	
G - H		28		27,9		27,9		27,93	
B - F		27,8		27,8		27,7		27,77	

0,4%

0,3%

4.Durchlauf 10.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>0</b>	<b>25,36</b>
A - B		25,3		25,5		25,3	0,00	25,37	
C - D		25,4		25,4		25,3	0,00	25,37	
E - F		25,3		25,4		25,3	0,00	25,33	
<b>Schussrichtung</b>								<b>0</b>	<b>27,86</b>
A - E		27,9		28,0		28	0,00	27,97	
G - H		28		27,8		27,9	0,00	27,90	
B - F		27,7		27,6		27,8	0,00	27,70	

0,6%

0,5%

5.Durchlauf 11.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>25,24</b>	
A - B		25,3		25,3		25,2		25,27	
C - D		25,3		25,2		25,2		25,23	
E - F		25,3		25,2		25,2		25,23	
<b>Schussrichtung</b>								<b>27,78</b>	
A - E		27,9		27,7		27,8		27,80	
G - H		27,9		27,7		27,8		27,80	
B - F		27,9		27,5		27,8		27,73	

1,0%

0,8%

6.Durchlauf 11.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	F.1	F.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>25,24</b>	
A - B		25,3		25,3		25,2		25,27	
C - D		25,2		25,3		25,2		25,23	
E - F		25,2		25,3		25,2		25,23	
<b>Schussrichtung</b>								<b>27,79</b>	
A - E		27,9		27,9		27,8		27,87	
G - H		27,9		27,8		27,8		27,83	
B - F		27,8		27,6		27,6		27,67	

1,0%

0,7%

## 1. Ausmessen original Wolltextilie nach EN

a.) Woll-Prüftextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel GH-37 (2g/L)  
 Maße siehe Tabelle G.1

b.) Waschen in **Haushaltswaschmasch.** (siehe Vorversuche aber Schleuder Umdreh: 600 U/mi)  
 Maße siehe Tabelle E.2

Tabelle G  
 1.Durchlauf 10.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>25,41</b>	<b>24,5</b>
A - B	25,5	24,9	25,5	24,7	25,3	24,3	25,43	24,63	
C - D	25,5	24,3	25,5	24,6	25,2	23,8	25,40	24,23	
E - F	25,4	24,3	25,5	24,8	25,3	24,8	25,40	24,63	
<b>Schussrichtung</b>								<b>27,92</b>	<b>27,22</b>
A - E	27,9	27	28	27,6	27,8	27,3	27,90	27,30	
G - H	27,9	26,6	27,9	27,5	27,8	27,2	27,87	27,10	
B - F	28	27	28	27,5	28,0	27,3	28,00	27,27	

3,6%

2,5%

2.Durchlauf 11.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>24,23</b>	
A - B		24,5		24,6		23,7		24,27	
C - D		24,5		24,2		23,8		24,17	
E - F		24,5		24,3		24,0		24,27	
<b>Schussrichtung</b>								<b>26,99</b>	
A - E		27,2		27,3		26,7		27,07	
G - H		27,0		27,1		26,3		26,80	
B - F		27,2		27,4		26,7		27,10	

4,6%

3,3%

3.Durchlauf 11.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>24,28</b>	
A - B		24,5		24,2		23,9		24,20	
C - D		24,5		24,1		24		24,20	
E - F		24,5		24,5		24,3		24,43	
<b>Schussrichtung</b>								<b>26,94</b>	
A - E		27,1		27,0		26,8		26,97	
G - H		27		26,9		26,5		26,80	
B - F		27,1		27,1		27		27,07	

4,5%

3,5%

4.Durchlauf 11.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>0</b>	<b>24,3</b>
A - B		24,4		24,1		24,3	0,00	24,27	
C - D		24,4		24,0		24,3	0,00	24,23	
E - F		24,3		24,5		24,4	0,00	24,40	
<b>Schussrichtung</b>								<b>0</b>	<b>26,99</b>
A - E		27		27,1		27	0,00	27,03	
G - H		26,7		26,8		27	0,00	26,83	
B - F		27		27,2		27,1	0,00	27,10	

4,4%

3,3%

5.Durchlauf 11.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>23,98</b>	
A - B		24,2		23,9		23,7		23,93	
C - D		24,3		24,0		23,8		24,03	
E - F		24,1		24,1		23,7		23,97	
<b>Schussrichtung</b>								<b>26,59</b>	
A - E		26,6		26,2		26,7		26,50	
G - H		26,6		26,1		26,6		26,43	
B - F		26,8		26,7		27,0		26,83	

5,6%

4,8%

6.Durchlauf 14.3

Lappen Nr.	1		2		3		Mittelwerte		
Abschnitt:	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	G.1	G.2	
<b>Kettrichtung</b>	cm							<b>23,6</b>	
A - B		23,7		23,5		23,4		23,53	
C - D		23,7		23,7		23,5		23,63	
E - F		23,5		23,8		23,6		23,63	
<b>Schussrichtung</b>								<b>26,29</b>	
A - E		26,1		26,3		26,2		26,20	
G - H		26,1		26,2		26,5		26,27	
B - F		26,1		26,6		26,5		26,40	

7,1%

5,8%

Durchläufe	Kett (R Schuß	Fläche (Rotaclean)
0	0	0
1	0,1%	0,3%
2	0,7%	0,5%
3	0,4%	0,3%
4	0,6%	0,5%
5	1,0%	0,8%
6	1,0%	0,7%

Durchläufe	Kett (H Schuß	Fläche (Haushalts-WM)	Krumpfverhältnis-Index
0	0	0	0
1	3,6%	2,5%	6,0%
2	4,6%	3,3%	7,8%
3	4,5%	3,5%	7,8%
4	4,4%	3,3%	7,6%
5	5,6%	4,8%	10,1%
6	7,1%	5,8%	12,6%

# Anhang 7.2

Projekt: 1853 DBU  
 Nr:  
 Datum: 23.-25.04.2005

## 1. Ausmessen original Wolltextilie nach EN

a.) Woll-Prüfextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel Texat Supra Vollwaschmittel(2g/L), a.) Woll-Prüfextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel Texat Supra (2g/L)  
 Maße siehe Tabelle I

b.) Waschen in Rotaclean (siehe Vorversuche)  
 Maße siehe Tabelle J  
 Bügel zwischen den Punkten B-F mit Metallklammern befestigt

Normtabelle I

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	I.1	I.2	I.3	
Kettrichtung	cm	cm	cm	25,48
A - B	25,5	25,5	25,4	25,47
C - D	25,5	25,5	25,4	25,47
E - F	25,6	25,5	25,4	25,50
Schussrichtung				28
A - E	28,0	28,0	28,0	28,00
G - H	28,0	28,0	28,0	28,00
B - F	28,0	28,0	28,0	28,00

Tabelle J

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	J.1.1	J.1.2	J.1.3	
Kettrichtung	cm	cm	cm	25,34
A - B	25,3	25,4	25,3	25,33
C - D	25,3	25,4	25,3	25,33
E - F	25,3	25,5	25,3	25,37
Schussrichtung				27,79
A - E	27,7	27,7	27,7	27,70
G - H	27,7	27,9	27,8	27,80
B - F	27,8	27,9	27,9	27,87

## 2. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	J.1.1	J.1.2	J.1.3	
Kettrichtung	cm			25,32
A - B	25,3	25,3	25,3	25,30
C - D	25,3	25,3	25,3	25,30
E - F	25,5	25,3	25,3	25,37
Schussrichtung				27,83
A - E	27,8	27,7	27,7	27,73
G - H	27,8	27,8	27,8	27,80
B - F	28	27,9	28	27,97

## 3. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	J.1.1	J.1.2	J.1.3	
Kettrichtung	cm			25,3
A - B	25,3	25,3	25,3	25,30
C - D	25,3	25,3	25,3	25,30
E - F	25,3	25,3	25,3	25,30
Schussrichtung				27,74
A - E	27,7	27,5	27,6	27,60
G - H	27,8	27,8	27,8	27,80
B - F	27,9	27,8	27,8	27,83

## 4. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	J.1.1	J.1.2	J.1.3	
Kettrichtung	cm			0 25,24
A - B	25,3	25,3	25,2	0,00 25,27
C - D	25,3	25,2	25,2	0,00 25,23
E - F	25,3	25,2	25,2	0,00 25,23
Schussrichtung				0 27,72
A - E	27,7	27,6	27,5	0,00 27,60
G - H	27,8	27,7	27,8	0,00 27,77
B - F	27,8	27,8	27,8	0,00 27,80

## 5. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	J.1.1	J.1.2	J.1.3	
Kettrichtung	cm			25,27
A - B	25,3	25,3	25,3	25,30
C - D	25,3	25,3	25,2	25,27
E - F	25,3	25,2	25,2	25,23
Schussrichtung				27,73
A - E	27,7	27,5	27,7	27,63
G - H	27,9	27,5	27,9	27,77
B - F	27,8	27,8	27,8	27,80

## 6. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	J.1.1	J.1.2	J.1.3	
Kettrichtung	cm			25,27
A - B	25,3	25,2	25,3	25,27
C - D	25,3	25,2	25,3	25,27
E - F	25,4	25,2	25,2	25,27
Schussrichtung				27,71
A - E	27,7	27,6	27,7	27,67
G - H	27,7	27,7	27,8	27,73
B - F	27,8	27,7	27,7	27,73

Durchläufe	Kett (Rotod Schuß)	Fläche (Rotoclean)
0	0 0 0	0 0 0 0
1	0,5% 0,8% 1,3%	0,4% 0,4% 0,8%
2	0,6% 0,6% 1,2%	0,6% 0,7% 1,3%
3	0,7% 0,9% 1,6%	0,6% 0,8% 1,4%
4	0,9% 1,0% 1,9%	0,7% 0,7% 1,5%
5	0,8% 1,0% 1,8%	0,9% 0,9% 1,5%
6	0,8% 1,0% 1,9%	0,9% 0,9% 1,8%

## 1. Ausmessen original Wolltextilie nach EN

a.) Woll-Prüfextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel Texat Supra Vollwaschmittel(2g/L), a.) Woll-Prüfextilie nach Norm eingelegt 1h in Vollwaschmittel Texat Supra (2g/L)  
 Maße siehe Tabelle H

b.) Waschen in Haushaltswaschmasch. (siehe Vorversuche aber Schleuder Umdreh: 600 U/mi)  
 Maße siehe Tabelle K

Normtabelle H

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	H.1	H.2	H.3	
Kettrichtung	cm	cm	cm	25,49
A - B	25,5	25,5	25,5	25,50
C - D	25,4	25,5	25,5	25,47
E - F	25,5	25,5	25,5	25,50
Schussrichtung				28
A - E	28,0	28,0	28	28,00
G - H	28,0	28,0	28,0	28,00
B - F	28,0	28,0	28	28,00

Tabelle K

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	K.1.1	K.1.2	K.1.3	
Kettrichtung	cm	cm	cm	24,69
A - B	24,9	24,6	24,6	24,70
C - D	24,6	24,5	24,9	24,67
E - F	24,5	24,5	25,1	24,70
Schussrichtung				27,21
A - E	27,1	27,2	27,1	27,13
G - H	27,2	27,2	27,2	27,20
B - F	27,3	27,2	27,4	27,30

## 2. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	K.1.1	K.1.2	K.1.3	
Kettrichtung	cm			24,7
A - B	25,0	24,6	24,7	24,77
C - D	24,5	24,5	24,7	24,57
E - F	24,7	24,6	25,0	24,77
Schussrichtung				27,28
A - E	27,4	27,2	27,4	27,33
G - H	27,0	27,2	27,5	27,23
B - F	27,2	27,2	27,4	27,27

## 3. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	K.1.1	K.1.2	K.1.3	
Kettrichtung	cm			24,46
A - B	24,0	24,5	24,7	24,40
C - D	24,2	24,7	24,7	24,53
E - F	24,2	24,3	24,8	24,43
Schussrichtung				26,97
A - E	27,0	27,0	27,3	27,10
G - H	26,7	26,6	27,3	26,87
B - F	26,8	26,8	27,2	26,93

## 4. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	K.1.1	K.1.2	K.1.3	
Kettrichtung	cm			0 24,26
A - B	24,4	24,4	23,9	0,00 24,23
C - D	24,3	24,3	24,0	0,00 24,20
E - F	24,4	24,3	24,3	0,00 24,33
Schussrichtung				0 26,71
A - E	26,6	26,6	27,1	0,00 26,77
G - H	26,6	26,6	26,9	0,00 26,70
B - F	26,5	26,5	27,0	0,00 26,67

## 5. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	K.1.1	K.1.2	K.1.3	
Kettrichtung	cm			24,07
A - B	24,0	24,0	24,0	24,00
C - D	24,0	24,0	24,1	24,03
E - F	24,3	24,0	24,2	24,17
Schussrichtung				26,44
A - E	26,9	26,3	26,3	26,50
G - H	26,5	26,3	26,4	26,40
B - F	26,5	26,3	26,5	26,43

## 6. Durchlauf

Lappen Nr.	1	2	3	Mittelwerte
Abschnitt:	K.1.1	K.1.2	K.1.3	
Kettrichtung	cm			23,72
A - B	23,7	23,7	23,6	23,67
C - D	23,8	23,6	23,7	23,70
E - F	24	23,6	23,8	23,80
Schussrichtung				26,1
A - E	26,2	26,0	26,2	26,13
G - H	26,3	25,9	26,0	26,07
B - F	26	26,1	26,2	26,10

Durchläufe	Kett (H.Schuß)	Fläche	Krumpverhältnis-Index
0	0 0 0	0 0 0 0	0
1	3,1% 2,8% 5,9%	3,0% 2,2% 5,1%	21,7%
2	3,1% 2,6% 5,6%	3,6% 2,8% 6,3%	21,5%
3	4,1% 3,7% 7,6%	4,4% 3,7% 8,0%	21,1%
4	4,8% 4,6% 9,2%	4,6% 4,0% 8,4%	20,6%
5	5,6% 5,6% 10,8%	5,6% 5,2% 10,5%	16,4%
6	6,9% 6,8% 13,2%	7,0% 6,3% 12,9%	14,0%



# FORSCHUNGSINSTITUT HOHENSTEIN

PROF. DR. JÜRGEN MECHEELS

SCHLOSS HOHENSTEIN · D-74357 BÖNNIGHEIM

Multitex  
Maschinenbau GmbH  
Graf-Bentzel-Straße 66

D-72108 Rottenburg am Neckar

**Prüflabor Textile Dienstleistungen & Innovationen**

Durch das DAP Deutsches Akkreditierungssystem  
Prüfwesen GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren - im Bericht mit \* gekennzeichnet.



Zuständig für Rückfragen  
Jürgen Tagge

Durchwahl  
271-715

Unser Zeichen  
tg-sk

Datum  
19. Dezember 2006

## UNTERSUCHUNGSBERICHT

Untersuchungs-Nr.: 06.6.8-0002

### **Wirkung des Nassreinigungsverfahrens „Rotoclean“ der Fa. Multitex Maschinenbau GmbH auf empfindliche Textilmaterialien** (Teilaufgabe innerhalb des Projektes DBU-AZ: 20081)

### Auftrag

Die Fa. Multitex Maschinenbau GmbH beauftragte das Forschungsinstitut Hohenstein damit, die Wirkung eines Nassreinigungsverfahrens, das auf einer neu entwickelten Reinigungsmaschine (Rotoclean) angewendet wurde, im Vergleich zu anderen konventionellen Pflegemethoden zu prüfen und durch visuelle und haptische Beurteilungen zu bewerten.

Das Untersuchungsergebnis bezieht sich nur auf die eingereichte Probe. Es darf nicht auszugsweise, sondern nur in seinem vollen Umfang weitergegeben werden. Eine Benützung des Untersuchungsberichts zu Werbezwecken oder die Veröffentlichung freier Interpretationen der Ergebnisse ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Prüfstelle zulässig.

P:\ALLGEMEIN\Word-Vorlagen\Untersuchungsberichte\EFIT\EFIT 6-RAL Qualitätskontrolle KWL

RevSta 0 - April 2005

P:\EFIT\Untersuchungen-Gutachten\8-Textiltechnologische Prüfungen\80002 Cutec-Multitex\Endbericht Cutec-Multitex 06-12-19.doc

Auftragsforschung · Entwicklungen · Warentests · Materialprüfung und Beratung auf den Gebieten Textilchemie · Bekleidungs- und Fertigungstechnik · Textilhygiene · Textilreinigung · Bekleidungsphysiologie · Farb- und Weißmetrik · Textilveredlung · Gütesicherung für textile Produkte · Prüfung von Bettfedern

Telefon  
(07143) 271-0

Telefax  
(07143) 271 94199

e-mail  
info@hohenstein.de

USt-Id Nr.  
DE 145002398

Forschungsinstitut Hohenstein Prof. Dr. Jürgen Mecheels GmbH & Co KG,  
Registergericht Vaihingen/Enz HRA 392-Bes., persönlich haftender Gesellschafter:  
Beteiligungsgesellschaft Hohenstein GmbH, HRB 155-Bes., Geschäftsführer:  
Dr. Stefan Mecheels, Prof. Dr. Jürgen Mecheels



## Untersuchungsumfang

Für die Untersuchung wurden acht empfindliche textile Flächengebilde (Gewebe, Maschen- bzw. Wirkwaren) eingesetzt sowie acht konfektionierte Sakkos. Die Textilien (Flächengebilde und konfektionierte Teile) wurden im Institut mit Messmarkierungen versehen und vermessen. Die Prüfmateriale wurden in Perchlorethylen gemäß dem Pflegesymbol **P** und in Wasser gemäß dem Pflegesymbol **W** im Forschungsinstitut Hohenstein vergleichend zu dem Rotoclean-Verfahren der Fa. Multitex, das im Cutec-Institut durchgeführt wurde, gereinigt.

Für die Behandlung in Perchlorethylen wurde das in DIN EN ISO 3175-2 beschriebene Verfahren für empfindliche Textilien eingesetzt. Das konventionelle Nassreinigungsverfahren wurde in einer gewerblichen Nassreinigungsmaschine in Anlehnung an DIN EN ISO 3175-4 durchgeführt.

Die Prüfmateriale wurden jeweils nach der ersten und fünften Reinigungsbehandlung vermessen und zusätzlich nach einem danach folgenden Bügelvorgang erneut gemessen. Alle Materiale wurden vor jeder Messung 24 Stunden unter Normklimabedingungen auf dem Bügel hängend gelagert.

Die Beurteilung des Warenbildes und des –griffs erfolgte jeweils nach Ende der Reinigungs-, Bügel- und Vermessungsvorgänge.

Orientierend wurde mit Hilfe eines auf Polyester aufgeklotzten Wollfarbstoffes das Verhalten von in Wasser löslichen Verschmutzungen geprüft.

## Ergebnisse

### 1. **MAßÄNDERUNGEN**

---

#### 1.1 **Maßänderungen bei den Textilmustern**

Bei der Auswahl der acht Testmateriale wurden solche mit verschiedenen Pflegeeigenschaften ausgewählt. Entsprechend sind die Ergebnisse von Material zu Material auch unterschiedlich, obwohl die Pflegebedingungen innerhalb einer Reinigungsmethode jeweils gleich waren. Deshalb ist eine Beurteilung der Ergebnisse nur für jedes Textilmaterial einzeln möglich.

Es zeigte sich, dass die Maßänderung in der Regel mit der Häufigkeit der Behandlungen zunimmt. Die nach der Rotoclean-Pflegemethode gereinigten Prüflinge zeigten nach den fünf Pflegezyklen ohne Bügeln deutlich stärkere Maßveränderungen als die, die in Perchlorethylen bearbeitet wurden, aber deutlich geringere Veränderungen als bei der konventionellen Nassreinigungsmethode.



Durch die Einflüsse des Bügelns wurden diese Veränderungen in allen Fällen wieder deutlich reduziert, so dass sie mit Ausnahme der meisten im konventionellen Verfahren nassgereinigten Textilmuster im tolerablen Bereich lagen. Bei den Textilmaterialien, bei denen im Rotoclean-Verfahren die Toleranzgrenze überschritten wurde, handelt es sich um Fasern und/oder Verarbeitungen, bei denen die Einwirkung von Wasser allein schon zu einer Maßänderung führt.

Die Einzelergebnisse für die Maßänderungen bei den einzelnen Arbeitsschritten innerhalb des fünffachen Pflegezyklusses sind unter 3.1. Maßänderungen bei Textilmustern im Anhang dargestellt.

## **1.2 Maßänderungen bei den Sakkos**

Bei der Bewertung der Sakkos wurden Oberstoff und Futter getrennt voneinander bewertet, da bei unterschiedlichen Faserzusammensetzungen nicht zu erwarten war, dass ihre Pflegeeigenschaften identisch sind, obwohl beide Materialien innerhalb eines Kleidungsstückes verarbeitet wurden.

Bei den Sakko-Oberstoffen war im Endergebnis keine Differenzierung der Maßänderungen bei der konventionellen Nassreinigung im Vergleich zu den beiden anderen Methoden feststellbar, wie das bei den einzelnen Textilmustern der Fall war. Die erreichten Werte der Rotoclean-Methode sind von denen der in Perchlorethylen gereinigten Sakkos nicht oder nur geringfügig zu unterscheiden. Fast alle Maßänderungen liegen im tolerablen Bereich.

Bei dem Viskose Futterstoff hingegen konnte eine deutlich stärkere Maßänderung bei den Methoden festgestellt werden, bei denen Wasser eingesetzt wird. Auch hier wurden durch den Einfluss des Bügelns die veränderten Maße wieder verbessert. Dennoch wurden nicht in allen Fällen tolerable Werte erzielt.

Die jeweils erhaltenen Einzelergebnisse der Maßänderungen sind unter 3.2 Maßänderungen bei Sakkos im Anhang dargestellt.

## **2. VERÄNDERUNG DES WARENBILDES UND -GRIFFES**

---

### **2.1 Veränderungen bei den Textilmustern**

Die in Perchlorethylen und nach der Rotoclean-Methode gereinigten Muster zeigen keine Strukturveränderungen, bei den konventionell nassgereinigten Prüflingen waren solche jedoch deutlich bis stark festzustellen.



## 2.2 Veränderungen bei den Sakkos

Im Vergleich zum Neumaterial zeigt der Oberstoff des fünfmal konventionell nassgereinigten Sakkos eine deutlich rauere Oberfläche als die anderen Teile. Dieses Sakko zeigt auch Beschädigungen in der Art, dass an den Taschenpatten die Nahtzugaben ausgeschlagen sind.

Ein visueller Unterschied bei den Oberstoffen der Sakkos zwischen dem in Perchlorethylen gereinigtem Teil und denen nach der Rotoclean-Methode war nicht feststellbar.

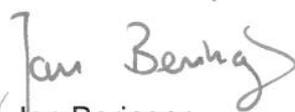
Die Futterstoffe der mit Wasser nassgereinigten Sakkos zeigten im ungebügelten Zustand ein stärkere Knitterbildung und Lappigkeit als der in Perchlorethylen gereinigte Sakko. Durch die Einflüsse des Bügelns konnten diese jedoch nahezu beseitigt werden.

## 3. DIE ENTFERNUNG VON WASSERLÖSLICHEM SCHMUTZ

Die bei den drei Verfahren orientierend eingesetzten Testgewebe mit wasserlöslichem Schmutz zeigten bei den Verfahren mit Wasser eine bessere Schmutzentfernung als bei der Reinigung in Perchlorethylen, wobei die konventionelle Nassreinigungsmethode ein besseres Ergebnis liefert als die Rotoclean-Methode.

Schloss Hohenstein, 19. Dezember 2006

Der Direktor der Abteilung  
Textile Dienstleistungen  
& Innovationen

  
Dr. Jan Beringer



Der Ressortleiter für Textilanalytik:

  
Textiling. Jürgen Tagge



## Anhang

- 1. Materialauswahl**
  - 1.1 Textile Flächengebilde
  - 1.2 Konfektionierte Sakkos
- 2. Beschreibung der Prüfbedingungen**
  - 2.1 Reinigung in Perchlorethylen
  - 2.2 Nassreinigung
  - 2.3 Bügelbedingungen
- 3. Übersicht der Messergebnisse**
  - 3.1 Maßänderung bei Textilmustern
  - 3.2 Maßänderung bei Sakkos
- 4. Veränderung des Warenbildes**
  - 4.1 Visuelle Beurteilung der Textilmuster
  - 4.2 Visuelle Beurteilung der Sakkos
- 5. Die Entfernung wasserlöslichen Schmutzes**

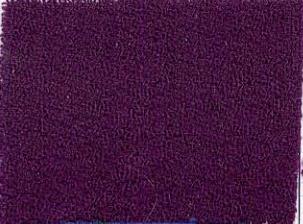


## 1. MATERIALAUSWAHL UND ZUSAMMENSETZUNG

### 1.1 Textile Flächengebilde

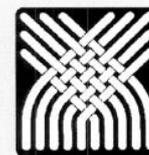
Proben Nr.	Art	Materialzusammensetzung	Musterabschnitt
1	Gewebe	- Viskose - Viskose Wolle	
2	Gewebe	Seide	
3	Gewebe	Leinen	
4	Gewebe	- Baumwolle - Baumwolle und Polyester	
5	Gewebe	Wolle / Polyamid	



Proben Nr.	Art	Materialzusammensetzung	Musterabschnitt
6	Maschenware	Wolle	
7	Gewebe	Seide	
8	Gewebe	- Acetat - Acetat / Viskose	

## 1.2 Konfektionierte Sakkos

Alle Sakkos stammten von einem Hersteller aus gleicher Fertigungsserie. Der Oberstoff besteht aus reiner Schurwolle, das Futter zu 100 % aus Viskose. Die Pflegekennzeichnung empfiehlt die Reinigung in Perchlorethylen und schließt Waschen aus.



## 2. **BESCHREIBUNG DER PRÜFBEDINGUNGEN**

---

### 2.1 **Reinigung in Perchlorethylen**

Alle Prüflinge wurden nach dem Pflegekennzeichen **P** entsprechend der Norm EN ISO 3175-2 gereinigt.

Reinigungsmaschine:	für Perchlorethylen
Trommelvolumen:	200 Liter
Beladeverhältnis:	1 : 30
Reinigungsverfahren:	siehe Beschreibung unten
Anzahl Behandlungen:	5

#### **Verfahrensschritte:**

<b>1. Bad</b>	
Flottenverhältnis:	1 : 5
Reinigungsverstärker:	3 ml/l
Temperatur:	30°C ± 3°C
Zeit:	10 Minuten
Ablass:	0,5 Minuten
Zwischenschleudern:	2 Minuten
<b>2. Bad</b>	
Flottenverhältnis:	1 : 6
Zeit:	3 Minuten
Ablass:	0,5 Minuten
Endschleudern:	2 Minuten
Trocknung:	50°C Ausgangstemperatur



## 2.2 Nassreinigung

Alle Prüflinge wurden nach dem Pflegekennzeichen **W** in einem Verfahren in Anlehnung an DIN EN ISO 3175-4 gereinigt.

Nassreinigungsmaschine:	Waschschleudermaschine
Trommelvolumen:	170 Liter
Beladeverhältnis:	1 : 24
Nassreinigungsverfahren:	siehe Beschreibung unten
Trocknung:	2 Minuten tumblern, kalt, zum Auflockern nach dem Abschleudern, Lufttrocknung, hängend
Anzahl Behandlungen:	5

### Verfahrensschritte:

<b>Hauptwäsche</b>	
Flottenverhältnis:	1 : 8
Nassreinigungshilfsmittel:	5 ml/l ohne optischen Aufheller, pH-Wert ca. 5
Temperatur:	30°C ± 2°C
Zeit:	15 Minuten
Trommeldrehung:	6 Sek. ein, 30 Sek. aus
Ablass:	1 Minuten
Zwischenschleudern:	1 Minuten
<b>Spülen 1 und 2</b>	
Flottenverhältnis:	1 : 8
Zeit:	3 Minuten
Ablass:	1 Minuten
Zwischenschleudern:	1 Minuten
<b>Spülen 3</b>	
Flottenverhältnis:	1 : 8
Zeit:	3 Minuten
Ablass:	1 Minuten
Endschleudern:	5 Minuten



## 2.3 Bügelbedingungen

Die Prüflinge wurden auf einer Dämpfbüste gebügelt.

(Die Muster auf einem geschlossenen Bügelbezug, der als Formkörper diente, wobei die Formkraft durch die Stärke der Luftströmung in Querrichtung vorgegeben wurde. Die Sakkos auf einer Büste, die zusätzliche eine Streckung in Längsrichtung erzeugte.)

Tabelle: Darstellung der Bügelbedingungen

Artikel	Einstellungen			
	Längs- streckung	Dämpfzeit	Luftmengen- einstellung	Trocknungs- zeit
Sakkos	3	5 Sek.	5	20 Sek.
Textilmuster	-	5 Sek.	0	20 Sek.

## 3. ÜBERSICHT DER MESSERGEBNISSE

### 3.1 Maßänderung (%) bei Textilmustern

Probe	nach 1 Behandlung			nach 1 Behandlung mit Bügeln			nach 5 Behandlungen			nach dem Bügeln		
	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean
	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Schuss	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Schuss
1	0,0	-0,8	-1,1	0,1	-0,7	-0,6	-0,4	-0,8	-1,1	-0,3	-0,3	-0,7
2	-0,2	-3,9	-3,4	-0,5	-3,1	-3,4	-1,5	-3,7	-4,0	-1,7	-3,8	-4,0
3	-0,7	0,2	-0,1	0,2	0,6	0,2	-0,5	0,6	0,0	-0,1	1,3	0,4
4	-1,4	-4,8	-1,5	-0,7	-3,2	-0,7	-2,8	-6,0	-2,5	-2,2	-4,6	-1,8
5	-0,6	-5,4	-0,6	0,1	-3,1	0,3	-1,9	-6,7	-1,5	-1,5	-4,8	-0,3
6	0,2	-5,6	-2,2	3,1	-0,7	-2,8	0,8	-8,6	-4,1	3,0	-3,1	-4,3
7	-0,3	-3,9	-0,3	0,7	-0,7	1,3	-0,4	-8,8	-2,0	-0,7	-4,4	0,2
8	0,7	-3,2	-3,4	1,0	-2,1	-0,8	-0,1	-4,1	-7,3	0,3	-1,0	-2,7

Probe	nach 1 Behandlung			nach 1 Behandlung mit Bügeln			nach 5 Behandlungen			nach dem Bügeln		
	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean	Per- Rein.	Nass- rein.	Roto- clean
	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss
1	-0,2	-3,7	-2,6	1,6	1,1	1,3	-0,2	-4,4	-2,9	1,4	0,2	1,1
2	0,2	-2,1	-2,2	2,2	1,0	1,9	0,9	-1,8	-2,6	2,5	0,6	2,3
3	-1,2	-2,1	-0,9	-0,5	-1,6	-0,1	-1,7	-2,8	-1,5	-1,0	-2,2	-1,0
4	-0,5	-0,7	0,0	-0,1	-0,5	0,0	-1,1	-1,0	-0,4	-0,7	-0,8	-0,2
5	0,3	-2,1	0,9	0,3	-1,4	1,7	-0,6	-2,4	-0,3	-0,7	-1,8	0,4
6	1,7	-13,4	1,1	3,3	-10,6	-0,6	2,4	-17,0	2,7	3,6	-15,1	-2,4
7	-1,8	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,5	-0,1	-0,3	-0,3
8	0,4	0,8	0,0	1,4	1,7	0,1	1,0	0,1	-0,9	1,4	-1,4	-0,1

In diesen beiden Tabellen sind die Maßänderungen bei den einzelnen Mustern getrennt nach Kette und Schuss ausgewiesen, weil die Fasermaterialien sowie zusätzlich die Konstruktion der Garne und der textilen Flächengebilde in beiden Verarbeitungsrichtungen unterschiedlich sein können.



Die Ergebnisse der verschiedenen Verfahren sind zudem für jeden Behandlungsschritt jeweils nebeneinander gestellt, um einen übersichtlichen Vergleich zu ermöglichen. Als tolerierbare Richtgröße für die bei Pflegeprozessen meist eintretenden Maßänderungen kann man  $\pm 2\%$  zugrunde legen. Dieser Wertbereich wird am häufigsten und am höchsten beim Nassreinigungsverfahren überschritten, die geringsten Änderungen zeigen sich bei den in Per gereinigten Mustern. Die Massänderungen der nach dem Rotoclean-Verfahren behandelten Muster liegen näher an den Per-Ergebnissen als an denen der Nassreinigung.

### 3.2 Maßänderung (%) bei Sakkos

Bei der Bewertung der Sakkos wurden Oberstoff und Futter getrennt voneinander bewertet, da bei den vorliegenden Textilmaterialien nicht zu erwarten war, dass ihre Pflegeeigenschaften identisch sind, obwohl beide Materialien innerhalb eines Kleidungsstückes verarbeitet wurden.

#### 3.2.1 Oberstoff

Probe	nach 1 Behandlung			nach 1 Behandlung mit Bügeln			nach 5 Behandlungen *			nach dem Bügeln		
	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean
	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette
1			0,2			0,8						
2			0,1			1,4			0,3			1,1
3			-0,3			0,9			-0,2			0,3
4			0,1			0,9			-0,1			0,4
5			-0,3			1,1			0,0			0,5
6	-0,1			0,2			-0,3			0,2		
7		-2,3			-0,5			-3,4			-1,5	
8												

Probe	nach 1 Behandlung			nach 1 Behandlung mit Bügeln			nach 5 Behandlungen *			nach dem Bügeln		
	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean
	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss
1			1,2			1,9						
2			1,6			2,8			1,6			2,4
3			0,0			0,0			-0,3			0,5
4			0,7			1,1			0,7			1,2
5			0,7			1,3			0,4			1,2
6	-0,2			0,5			0,2			0,8		
7		0,0			0,1			-0,4			0,4	
8												

\* Beim Rotoclean-Verfahren wurden die Sakkos mit der Probennummer 2, 3 und 4 nicht 5mal sondern 2mal, 3mal und 4mal behandelt.

Die Oberstoffe der Sakkos zeigten in keinem Fall direkt nach einer Pflegebehandlung eine nicht tolerierbare Maßänderung. Lediglich ein Sakko, das nach der Rotoclean-Methode behandelt worden war, zeigte nach dem Bügeln in Schussrichtung eine Ausweitung des Gewebes.



### 3.2.2 Futter

Probe	nach 1 Behandlung			nach 1 Behandlung mit Bügeln			nach 5 Behandlungen *			nach dem Bügeln		
	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean
	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette	Kette
1			-1,7			-1,0						
2			-1,9			-1,1			-1,7			-1,7
3			-1,1			-0,4			-1,5			-0,7
4			-1,4			-0,8			-1,8			-2,3
5			-1,6			-1,0			-2,1			-2,2
6	-0,1			-0,1			-0,4			-0,1		
7		-1,8			-0,8			-2,9			-1,5	
8												

Probe	nach 1 Behandlung			nach 1 Behandlung mit Bügeln			nach 5 Behandlungen *			nach dem Bügeln		
	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean	Per-Rein.	Nass-rein.	Roto-clean
	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss	Schuss
1			-4,2			-1,1						
2			-4,8			-2,3			-5,3			-2,2
3			-4,4			-1,7			-5,3			-2,3
4			-3,8			0,0			-3,8			-1,0
5			-0,3			2,7			-1,1			1,5
6	-1,4			0,3			-0,5			-1,4		
7		-3,5			-1,7			-4,3			0,4	
8												

\* Beim Rotoclean-Verfahren wurden die Sakkos mit der Probennummer 2, 3 und 4 nicht 5mal sondern 2mal, 3mal und 4mal behandelt.

Die starken Veränderungen der Maße des Viskosefutters ist als Folge der Wassereinwirkung zu sehen. Diese Faser quillt dadurch und krumpft dabei. Sie ist deshalb nicht dazu geeignet, im wässrigen Medium gepflegt zu werden.

## 4. VERÄNDERUNG DES WARENBIODES UND -GRIFFES

Durch Pflegebehandlungen können sich nicht allein die Maße eines Textil verändern sondern auch deren Struktur, so dass dadurch ein verändertes Aussehen des Oberflächenbildes resultieren kann. Auch können Strukturveränderungen oder gelöste Appreturen den Griff verändern, weil die Textilien weicher, härter oder lappiger werden können. Aus diesem Grund wurden alle Prüflinge nach Abschluss aller Behandlungen abgemustert. Dazu gehört die visuelle Beurteilung des Oberflächenbildes sowie der haptische Vergleich beim „Greifen“ der Ware.



#### 4.1 Visuelle und haptische Beurteilung der Textilmuster

Muster	Nach der 5. Behandlung					
	<u>P</u>		<u>W</u>		Rotoclean	
	Struktur	Griff	Struktur	Griff	Struktur	Griff
1	5	5	5	4	5	5
2	5	5	2	3	5	4
3	5	4	3	3	5	3
4	5	5	3	5	4	5
5	5	5	3	3	5	5
6	5	5	2	3	5	5
7	5	5	2	3	5	5
8	5	5	3	3	1	5

5-stufige Hohensteiner Bewertungsskala zur Beurteilung der Veränderung des Oberflächenbildes und des Warengriiffs

1 = sehr stark    2 = stark    3 = deutlich    4 = gering    5 = keine

Die in Perchlorethylen und nach der Rotoclean-Methode gereinigten Muster zeigen keine Strukturveränderungen, bei den Nassgereinigten Prüflingen waren solche jedoch deutlich bis stark festzustellen.

*Anmerkung zu Muster 8 bei der Rotoclean-Methode: Das fünf Mal gereinigte Teil zeigte an verschiedenen Stellen Aufrauungen, die als Ursache vermutlich nicht auf das Verfahren zurückzuführen ist sondern auf eine Materialveränderung am Prototyp der Reinigungsmaschine.*



## 4.2 Visuelle und haptische Beurteilung der Sakkos

Sakko	Nach der letzten Behandlung					
	<u>P</u>		<u>W</u>		Rotoclean	
	Struktur	Griff	Struktur	Griff	Struktur	Griff
Oberstoff	5	5	2	3	5	4
Futter	5	5	4	5	5	4

5-stufige Hohensteiner Bewertungsskala zur Beurteilung der Veränderung des Oberflächenbildes und des Warengrieffs

1 = sehr stark    2 = stark    3 = deutlich    4 = gering    5 = keine

Die in Perchlorethylen und nach der Rotoclean-Methode gereinigten Sakkos zeigten im Oberstoff keine Abweichungen zum Neumaterial, lediglich der Griff der Sakkos, die nach der Rotoclean-Methode behandelt waren, fühlte sich etwas weicher an.

Beim Nassgereinigten Sakko war das deutlich anders. Die Struktur war stark verändert, ebenso war eine deutliche Griffveränderung feststellbar. Zudem zeigte das Sakko an den Taschenpatten Beschädigungen. Dort waren infolge der Faserquellung der Abfütterungen die Nähte aufgeschlagen und ausgefranst.

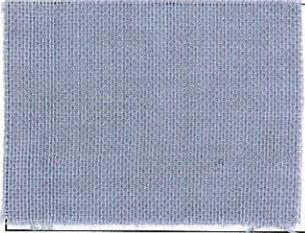
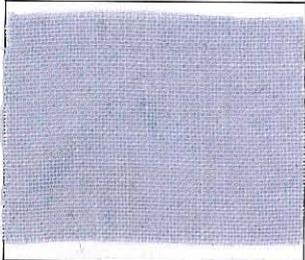
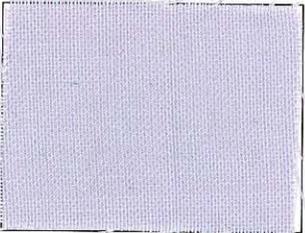
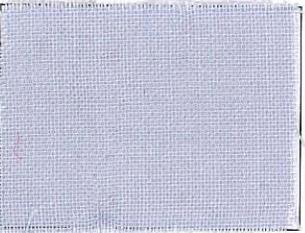
Die Futterstoffe der mit Wasser gereinigten Sakkos waren wesentlich stärker geknittert als das Futter des in Perchlorethylen gereinigten Sakkos. Durch den nachfolgenden Bügelvorgang konnten diese Veränderungen jedoch weitgehend wieder ausgeglichen werden.

## 5. DIE ENTFERNUNG WASSERLÖSLICHEN SCHMUTZES

Die Entfernung des in Wasser löslichen Schmutzes ist zur Beurteilung eines Reinigungsverfahrens in organischen Lösemitteln außerordentlich wichtig, da die Lösemittel für sich allein diese Schmutzart nicht lösen sondern nur mit Hilfe von Wasser- und Tensidzusätzen bewerkstelligen können. Zur Beurteilung der Wirksamkeit eines Reinigungsverfahrens im Hinblick auf die Entfernung dieser Schmutzart wurden deshalb Testgewebe entwickelt. Eines, das eine visuelle Beurteilung zulässt, wurde orientierend bei allen drei Verfahren eingesetzt. Anhand der Aufhellung des Farbtons kann der Grad der Schmutzentfernung beurteilt werden.



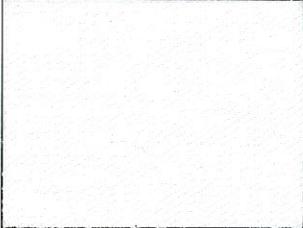
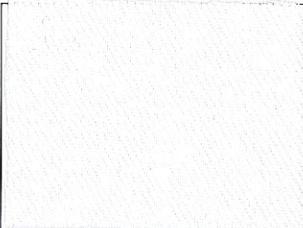
## Darstellung der Entfernung von wasserlöslichem Schmutz anhand von Testgeweben

Originalmuster	
in Perchlorethylen gereinigt	
konventionelle Nassreinigung	
Rotoclean-Verfahren	

Die einzelnen Muster auf der Tabelle zeigen im Vergleich zum ungereinigten Gewebe unterschiedliche Aufhellungen, die einen Rückschluss auf den Grad der Entfernung von wasserlöslichem Schmutz zulässt: In Perchlorethylen wird am wenigsten wasserlöslicher Schmutz entfernt, bei der konventionellen Nassreinigung am meisten, bei der Rotoclean-Methode wird deutlich weniger Schmutz gelöst.



### Darstellung der Rücklagerung von abgelöstem wasserlöslichem Schmutz

Originalmuster	
in Perchlorethylen gereinigt	
konventionelle Nassreinigung	
Rotoclean-Verfahren	

Abgelöster Schmutz wandert innerhalb der Wasch- oder Reinigungsflotte und kann sich – insbesondere wenn eine Affinität zur Faser besteht – während des Wasch-/Reinigungsvorganges auf den Textilmaterialien zurücklagern. In der obigen Tabelle ist das durch die Anfärbung eines weißen Baumwoll-Begleitmaterials sichtbar gemacht. Danach ist die Schmutzrücklagerung beider Rotoclean-Methode am höchsten. Ob das jedoch zufällig oder grundsätzlich so ist, konnte bei dieser orientierenden Untersuchung nicht geklärt werden