



Verfahren zum reststofffreien Auftrag von Appreturchemikalien über ein Zusatzaggregat für den Foulard

Abschlussbericht zu einem durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
geförderten Vorhaben

DBU Az 31874

- Bewilligungsempfänger: Fa. SUCHY Textilmaschinen GmbH
Gunnar Suchy (Geschäftsführer)
07554 Korbußen, Heidelbergstraße 13
Internet: www.suchy-textil.de
- Wissenschaftliche Begleitung: Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D
Fachbereich D, Abt. Sicherheitstechnik
Fachgebiet Sicherheitstechnik/Umweltschutz
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Schmidt
42119 Wuppertal, Rainer-Gruenter-Straße 21, Geb. FF
Internet: www.uws.uni-wuppertal.de
- Ausführung Praxisversuche: Fa. Dolinschek GmbH
Theo Dolinschek (Geschäftsführer)
72393 Burladingen, Eichhalde 15
Internet: www.dolinschek.de
- Technische Begleitung: Dipl.-Ing. Michael Christ
Diplom-Ingenieur Maschinenbau
70191 Stuttgart, Helmholtzweg 5

Verfasser: M. Christ, T. Dolinschek, J. M. Marzinkowski, C. Messner, G. Suchy

Korbußen, im Juni 2015

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	31874	Referat	21/2	Fördersumme	122.800,00
Antragstitel		Verfahren zum reststofffreien Auftrag von Appreturchemikalien über ein Zusatzaggregat für den Foulard			
Stichworte		Rasterwalze, Foulard, Appretur, Textilveredlung, Minimalauftrag			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
15 Monate	19.12.2013	18.03.2015	1		
Zwischenberichte	(abzustimmen mit DBU)				
-/-					
Bewilligungsempfänger	Suchy Textilmaschinen GmbH Heidelbergstraße 13			Tel	036602/1340
	07554 Korbußen			Fax	036602/13410
				Projektleitung	Gunnar Suchy
				Bearbeiter	Gunnar Suchy
Kooperationspartner	1) Dolinschek GmbH Eichhalde 15, 72393 Burladingen Theo Dolinschek 2) Bergische Universität Wuppertal Rainer-Gruenter-Straße Geb. FF, 42119 Wuppertal Fachgebiet Sicherheitstechnik/Umweltschutz Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Schmidt				
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Entwicklung und Konstruktion eines Zusatzaggregates für den Foulard, das als Versuchsstand zur Untersuchung des Minimalauftrages von Appreturchemikalien auf textile Warenbahnen unter Praxisbedingungen erprobt wird. Durch die Kombination der herkömmlichen Foulardwalzen mit dem Zusatzaggregat soll ein „fließender“ Übergang vom klassischen Imprägnieren durch Tauchen der Ware im Chassis mit anschließender Entwässerung durch die Walzen des Foulards zum definierten Minimal-Flottenauftrag ermöglicht werden. Durch einen auf das Nötige begrenzten Flottenauftrag können die Einsatzchemikalien in der Menge begrenzt werden, die für die Veredlungseffekte tatsächlich nur benötigt werden. Gleichzeitig kann die Wärmeenergie zur Verdampfung des Wassers beim Trocknen eingespart werden.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>Auswahl des Foulards des Textilveredlungsbetriebes und Festlegen der technischen Parameter; Untersuchung Wirkprinzip; Auswahl und Herstellung der Walzen und Beschichtung (Rasterung, Gummierung); Konstruktion des Zusatzaggregates als Versuchsstand im Praxismaßstab; Montage des Versuchsstandes und Inbetriebnahme im Textilbetrieb sowie Einrichtung eines Dosiersystems.</p> <p>Versuchsdurchführung mit unterschiedlichen Warenarten, unterschiedlichen Ausrüstungsrezepten; Untersuchungen zu den Eigenschaften der Appreturflotten, Ermittlung der Ausrüstungseffekte und Zuordnung zu den Anforderungen, auch zu Qualitätsmaßstäben; Variierung der Prozessbedingungen des Walzenpaares. Vergleich zur Foulardapplikation; Entwicklung eines Verfahrens zur Schnellreinigung des Systems bei einem Produktwechsel.</p> <p>Ermittlung Verbesserungen zu Seitenabdichtung und Reinigungstechnik, der verfahrenstechnischen Einschränkungen und der Erweiterungsoptionen;</p> <p>Darstellung des Gesamtsystems; Vergleich Minimalauftragssystem zur Foulardapplikation; Ermittlung der Ressourcen- und Umweltpotenziale.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Der für die für die Versuche vorgesehene Foulard wurde vermessen, ein Pflichtenheft erstellt und das Zusatzaggregat konstruiert. Das Problem einer möglichen Walzendurchbiegung der Raster- und auch der für den Zwickel als notwendig erachteten gummierten Walze konnte durch konstruktive Maßnahmen gelöst werden. Es war technisch möglich, einen über die Breite gleichmäßigen Spalt im Mikrometermaßstab zwischen den beiden Walzen einzustellen und damit einen definierten Produktauftrag über die Rasterwalze zu realisieren. Zusätzlich wurde eine Messerrakel zum Abstreifen eines Flüssigkeitsüberschusses auf der Rasterwalze bei gleicher Bewegungsrichtung von Walze und Ware konstruiert.

Die Untersuchungen zum Minimalauftrag wurden anfangs nur anhand einer Polyesterwebware und nur mit Wasser durchgeführt, um die Maschinenparameter zu erkunden.

Reproduzierbare Ergebnisse für einen definierten Flottenauftrag wurden dann erhalten, wenn nur die Rasterwalze mit oder gegen die Warenrichtung gedreht wurde. Die Gummiwalze hatte hierbei die Funktion einer ruhenden Rundrakel. Ein Rakelkasten anstelle der Gummiwalze erwies sich aus Verschleiß- und Dichtigkeitsgründen als nicht geeignet. Entscheidend für die Höhe des Flottenauftrages war die in 12-Uhr-Stellung auf der Rasterwalze angeordnete Messerrakel, die den Oberflächenfilm auf der Rasterwalze begrenzte. Die Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze war dann im Verhältnis zur Warengeschwindigkeit ausschlaggebend. Bei Polyesterwaren war dieses Verhältnis umgekehrt proportional: Je größer die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Rasterwalze und Ware war, desto geringer war die Aufnahme der wässrigen Appreturflotte durch die trockene Polyesterware. Bis 10% Flottenaufnahme (Minimalauftrag) konnte so mit 40% Voreilung der Rasterwalze eingestellt werden. Bei einer 100%-Baumwoll-Maschenware war eine gleiche Geschwindigkeit von Rasterwalze und Ware vorteilhaft. Wenn die Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze höher war als die Warengeschwindigkeit, kam es zu einem verstärkten Abrieb von Faserfragmenten von der Oberfläche des Baumwollsubstrates und infolge dessen zu einer Verschmutzung des Flottenvorrates im Zwickel und zu Ablagerungen an der Rakel. Bei Baumwoll- und Baumwoll-Polyestermischtextilien konnte der Flottenauftrag insgesamt nur bis 45% abgesenkt werden. Jedoch wurde im „nass-in-nass-Verfahren“ ein minimaler Differenzfeuchteauftrag von 5% erreicht. Die mit diesen variablen, artikelbezogenen Einstellungen einhergehenden Einsparungen an Appreturchemikalien, Verlusten, Trocknungsenergie und CO₂-Emissionen wurden beispielhaft nachgewiesen.

Das Ziel, ein stabiles, auf eine hohe Gleichmäßigkeit des Produktauftrages auf die Warenbahn ausgeichtetes System zu entwickeln, wurde insgesamt gesehen erreicht. Die Genauigkeit der Zudosierung der Appreturflotte wurde über die Füllstandshöhenmessung im Zwickel und den Flottenverbrauch geregelt. Ein automatisiertes Zudosiersystem war aber für den Versuchsstand nicht vorgesehen. Es gelang eine Zuordnung zu Warenart/Flächengewicht, Ausrüstungschemie/-rezept und Warengeschwindigkeit sowie den Parametern Drehrichtung und Drehzahl der Rasterwalze.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Der Versuchsstand wird zu den als unzureichend erkannten Aggregaten und Verfahrensparametern optimiert und soll baldmöglichst für weitere Praxisversuche im Partnerunternehmen und dort auch für Versuche anderer Textilunternehmen zur Verfügung gestellt werden. Zur Internationalen Textilmaschinen-Ausstellung in Mailand im November 2015 soll der Versuchsstand interessierten Unternehmen gezeigt werden. Nach erfolgreicher Einführung des Verfahrens ist für 2017 eine Vorstellung in einer deutschsprachigen Fachzeitschrift vorgesehen.

Fazit

Durch den Minimalauftrag sind durch den Wegfall von Flottenresten und deren Entsorgung sowie durch den verringerten Einsatz von Chemikalien Einsparungen in einer Größenordnung von 5-15 t Appreturchemikalien und 50-75.000 €/a pro Spannmaschine ausschließlich für die Appretur von Baumwoll- und Polyestertextilien möglich. Das Reinigungssystem, das für eine schnelle und intensive Säuberung der Rasterwalze und des gesamten Systems bei jedem Produktwechsel erforderlich ist, muss weiter optimiert und automatisiert werden, damit die Zeit zur Reinigung ebenso wie der Wasserverbrauch und der Reinigungsaufwand auf ein Mindestmaß eingestellt werden können. Für eine vollständige Tränkung der Warenbahn (Flottenaufnahme > 60%) wird weiterhin der Foulard mit Tauchapplikation im Chassis benutzt werden. Ein Minimalauftrag führt demgegenüber wegen der geringeren Warenfeuchte zusätzlich zu einer Einsparung von Wärmeenergie. Wenn beispielsweise der Minimalauftrag bei einer nass-in-nass-Verfahrensweise (1-Schritt-Verfahren der Entwässerung, Appretur und Trocknung) anstelle der zweiten Foulardpassage mit einer Differenzfeuchte von 5% erfolgt, beträgt die Wärmeenergieeinsparung bei Baumwollwaren im Vergleich zum Zweischrittverfahren mit Zwischentrocknung 0,22 kWh/m² bzw. 7,3 g CO₂/m² bzw. 1.700 MWh/a und 57 t/a CO₂ (7,8 Mio. m²/a bei 1,5 m Warenbreite, 25 m/min, 24 Stunden Betrieb, Nutzeffekt $\mu=0,6$, 240 Tage /Jahr).

Inhaltsverzeichnis	Seite
Projektkennblatt	2
Verzeichnis der Abbildungen und Bilder	5
Verzeichnis der Tabellen	5
1. Zusammenfassung	6
2. Einleitung, Problemstellung und Ziele des Vorhabens	7
3. Hauptteil	8
3.1. Kurzdarstellung zum aktuellen Stand der Technik	8
3.2. Chemie und Umweltwirkungen der Appreturmittel	13
3.3. Unterscheidungsmerkmale zu den Ergebnissen des Projektes Inno- Impräg	15
3.4. Bau eines Versuchsstandes als Zusatzaggregat für den Foulard	18
3.5. Ergebnisse der Praxiserprobung des Versuchsstandes anhand eines Polyestergewebes zur Ermittlung der konzeptionellen Anpassungen	21
3.6. Erweiterung der Praxisversuche auf Baumwoll-/Polyester- Maschenwaren und die Anwendung von Hydrophobappreturen	25
3.7. Austausch der Gummiwalze gegen ein Rakelsystem zur Zwickelbil- dung	31
4. Ressourceneffizienz und Umweltentlastungspotenzial	35
5. Fazit	39
6. Literaturhinweise	41

Verzeichnis der Abbildungen und Bilder	Seite
Abbildung 1: Anordnungen von Foulardwalzen bzw. eines Pflatschwalzensystems (einseitiger Produktauftrag) mit Angabe der Restflottenmengen bei voll gefülltem Chassis	9
Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Pflatschsystems mit zwei Pflatschen für eine gleichzeitige Vorder- und Rückseitenbehandlung	11
Abbildung 3: Innolpräg-Anordnung der Rasterwalze am Ende des Bandes, das zur gleichmäßigen, spannungsfreien Warenbahnführung dient	16
Abbildung 4: Anordnung des Zusatzaggregates in „9-Uhr-Stellung“ zum Vertikal-foulard	18
Abbildung 5: Einstellmöglichkeiten des Versuchsstandes des Zusatzaggregates	20
Abbildung 6: Fotografische Abbildungen zu den Beobachtungen an den Walzen des Versuchsstandes und der Vliesstoffware	30
Abbildung 7: Fotografische Abbildungen zu den Beobachtungen an den Walzen des Versuchsstandes und der Baumwoll-Maschenware	31
Abbildung 8: Geänderte Einrichtung des Zusatzaggregates: Anstelle der Gummwalze ist ein Rakelkasten zur Bildung des Flottenvorrates eingerichtet	33
Abbildung 9: Fotografische Darstellung des Zwickels zwischen der anstelle der Gummwalze eingesetzten Rakel 2 und den seitlichen Abdichtungen	35

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Vergleich einer Weichgriffausrüstung von Frottierware für eine klassische Foulard-Ausrüstung und einen Pflatschtauftrag mit einem Zwei-Walzen-Pflatschwerk	11
Tabelle 2: Einteilung einiger bedeutender Appreturhilfsmittel	14
Tabelle 3: Versuche der Benetzung von PES-Geweben mit Wasser bei unterschiedlichen Einstellungen des Versuchsstandes	23
Tabelle 4: Versuche der Benetzung von CO/PES-Strickware mit Wasser bei unterschiedlichen Einstellungen des Versuchsstandes	26
Tabelle 5: Eigenschaften einiger für die Versuche eingesetzter Ausrüstungsflotten	27
Tabelle 6: Versuche zur Appretur unterschiedlicher Textilwaren	29
Tabelle 7: Vergleich einer Antipillingausrüstung von Baumwollmaschenware für eine Foulard-Ausrüstung in zwei Schritten mit trocken-in-nass-Produktauftrag (t-i-n) und den additiven Minimalauftrag mittels Zusatzaggregat am Entwässerungsfoulard nach dem nass-in-nass-Verfahren (n-i-n)	32
Tabelle 8: Zusammenhang zwischen Füllstandshöhe und Flüssigkeitsvolumen im Zwickel zwischen Rakel 2 und Rasterwalze	34
Tabelle 9: Zusammenfassung der Ergebnisse der Versuche mit einem Rakel-system (Rakel 2) zur Bildung eines Flottenvorrates als Zwickel mit der Rasterwalze	34

1 Zusammenfassung

Anhand eines Versuchsstandes konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Rasterwalzentechnik für den reststofffreien Minimalauftrag von wässrigen Appreturflotten geeignet ist.

Durch eine konstruktive Anpassung an einen für die Untersuchungen vom angeschlossenen Textilunternehmen bereit gestellten Foulard konnte eine mögliche Walzendurchbiegung der Raster- und auch der für den Zwickel zunächst als notwendig erachteten gummierten Walze gelöst werden. Es war technisch möglich, einen über die Breite gleichmäßigen Spalt im Mikrometermaßstab zwischen den beiden Walzen einzustellen und damit einen definierten Produktauftrag über die Rasterwalze zu realisieren.

Zur Ermittlung der Grundeinstellungen und Variablen wurden Versuche im Praxismaßstab zunächst nur mit einer Polyesterwebware und nur mit Wasser als Appreturmittel durchgeführt. Die gummierte Walze wurde nur statisch (als stehende „Walzenrakel“) mit Erfolg eingesetzt, weswegen anstelle der gummierten Walze auch ein Messerrakelsystem zur Zwickelbildung versucht wurde. Reproduzierbare Ergebnisse für einen definierten Flottenauftrag wurden nur dann erhalten, wenn nur die Rasterwalze mit oder gegen die Warenrichtung und schneller oder langsamer als die Warengeschwindigkeit gedreht wurde. Entscheidend für die Höhe des Flottenauftrages war eine in 12-Uhr-Stellung auf der Rasterwalze angeordnete Messerrakel, die den Oberflächenfilm auf der Rasterwalze begrenzte. Bis 10% Flottenaufnahme (Minimalauftrag) konnte bei einem Auftrag der wässrigen Appreturflotte auf trockene Polyesterware eingestellt werden. Bei einer 100%-Baumwoll-Maschenware war der Einfluss der Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze geringer und der Flottenauftrag konnte nur bis 40% abgesenkt werden. Jedoch wurde im „nass-in-nass-Verfahren“ eine Differenzfeuchte von 5% erreicht. Die mit diesen variablen, artikelbezogenen Einstellungen einhergehenden Einsparungen an Appreturchemikalien, Verlusten, Trocknungsenergie und CO₂-Emissionen wurden beispielhaft nachgewiesen.

So konnte mit diesem Versuchsstand erfolgreich gezeigt werden, die Chemikalien in der Menge ihres Auftrages auf die Ware in der Weise zu begrenzen, dass gerade der erwünschte Ausrüstungseffekt bei zumindest gleichbleibender Qualität der Ausrüstung erreicht wird; hierin liegt das Haupteinsparpotenzial mit Steigerung der Ressourceneffizienz.

Durch den Einsatz des Zusatzaggregates als Minimalauftragsverfahren ist ein direktes Einsparpotenzial an hochwertigen chemischen Stoffen gegeben. Bei einem Preis von 4,50 €/kg Handelsprodukt am Beispiel einer Polyurethandispersion beträgt die Einsparung bei einer Partielänge von 500 m und einer Warenbreite von 140 cm an Chemikalien mengenmäßig 1,33 kg und zu den Kosten in Höhe von 5,95 € sowie an nicht benötigter Trocknungsenergie wegen einer geringeren Feuchte der Ware mit einer Menge von 15,4 m³ Erdgas bzw. einer Wärmeenergie von 154 kWh und einer entsprechend geringeren CO₂-Emissionen von 5,1 kg. Durchschnittlich betragen die Einsparungen pro Spannmaschine und pro Jahr 5 bis 15 t/a Appreturchemikalien und 50 bis 75.000 € Chemikalienkosten sowie am Beispiel einer Nass-in-nass-Ausrüstung einer Baumwollmaschenware aufgrund der Feuchtedifferenz zu einem Foulardverfahren mit Zwischentrocknung ca. 115 MWh/a Wärmeenergie und 3.800 kg/a CO₂-Emissionen.

2 Einleitung, Problemstellung und Ziele des Vorhabens

Die Appretur von Textilien hat verschiedene Ausrüstungsziele und setzt am Ende der Nass- und Trockenveredlungsprozesse und vor der Konfektion an. Durch die Appretur werden die optischen, haptischen und funktionalen Veränderungen an den in der Regel bahnenförmigen Textilien aus Geweben, Maschenwaren, Polwaren und Vliesstoffen vorgenommen, die für den späteren Gebrauch maßgeblich sind. Diese sind beispielsweise der „weiche“ oder „steife“ Ausfall der Ware, Schiebfestigkeit, wasser- und ölabweisende Eigenschaften, Flächenstabilität bei der Wäsche oder chemischen Reinigung der Fertigtextilien, Luft- und Wasserundurchlässigkeit sowie Oberflächenfarbeffekte und andere Ausrüstungsarten. Es handelt sich immer um den Auftrag spezieller chemischer Stoffe, der sogenannten „Appreturchemikalien“, aus wässriger Dispersion. Diese sind überwiegend nicht biologisch abbaubar, teilweise auch gewässertoxisch und persistent. Der Auftrag erfolgt über Tauchverfahren, wofür der Foulard als Zweiwalzensystem eingesetzt wird. Verfahrensbedingt bleibt am Ende der Behandlung ein bestimmtes Restvolumen der Appreturflotte übrig, das als Abfall entsorgt werden muss. Dabei gehen wertvolle, unverbrauchte Chemikalien verloren. In einem Patent der Bergischen Universität wird eine technische Lösung für ein reststoffreies Verfahren vorgeschlagen, die diesem Projekt zugrunde liegt.

Ziel des Vorhabens ist daher die Entwicklung und Konstruktion eines Zusatzaggregates, das als Aufsatz auf einem Foulard zu einem reststofffreien Minimalauftrag von Appreturchemikalien führen soll. In einem ersten Schritt sind die Walzen des Zusatzaggregates zu entwickeln. Durchmesser, Stabilität und Rasterung sind in eine präzise Abstimmung mit dem vorhandenen System Foulard zu bringen, um eine gleichmäßige Verteilung der Appreturchemikalien über Breite und Länge der Warenbahn zu gewährleisten. Auch muss herausgefunden werden, unter welchen Bedingungen eine breite Anwendung des Zusatzaggregates ohne die Erfordernis eines Walzenwechsels möglich ist, in welcher Reihenfolge die Walzen anzuordnen sind und wie die Antriebe zu modulieren sind.

Durch die Kombination der herkömmlichen Foulardwalzen mit dem Zusatzaggregat wird ein „fließender“ Übergang vom klassischen Imprägnieren durch Tauchen der Ware im Chassis mit anschließender Entwässerung durch die Walzen des Foulards zum definierten Minimal-Flottenauftrag ermöglicht. Der vielseitige Foulard-Betrieb kann daher ohne Einschränkung weitergehen. Gleichzeitig ist aber ein einseitiger oder auch zweiseitig unterschiedlicher Auftrag unterschiedlicher Appreturmittel oder auch eine Vollimprägnierung mit der Hauptanforderung möglich, dass keine Restflotte übrig bleibt, die zu entsorgen ist, und dass ein schnelles Reinigen der Auftragseinrichtung mit minimalem Wasserverbrauch erfolgt.

Mit dem auf das Nötige begrenzten Flottenauftrag sollen die Einsatzchemikalien in der Menge begrenzt werden, die für die Veredlungseffekte tatsächlich nur benötigt werden. Es wurde erwartet, dass daraus ein besonders umweltschonendes Verfahren der Textilveredlung resultiert, das mit einer erheblichen Einsparung an Ressourcen und Kosten sowie Verminderung der zu entsorgenden Restflotten einhergeht. Zusätzlich soll durch den mit dem Minimalauftrag verbundenen verringerten Feuchtegehalt der Ware beim nachfolgenden Trocknungsprozess Energie für das Verdampfen des Wassers eingespart werden.

3. Hauptteil

3.1. Kurzdarstellung zum aktuellen Stand der Technik

Zur chemischen Appretur werden Chemikalien aus wässriger Lösung oder Dispersion in kontinuierlicher Arbeitsweise auf die textilen Warenbahnen aufgetragen. Als Auftragsaggregat ist der Foulard am weitesten verbreitet. Der Foulard besteht aus einem Chassis oder Netztrog und mindestens zwei gummierten Walzen, zwischen denen die Warenbahn, die im Chassis mit einem Überschuss der wässrigen Flotte benetzt bzw. imprägniert wird, mit einem bestimmten Druck auf einen definierten Wassergehalt „abgequetscht“ (entwässert) wird. Es ist immer nur eine vollständige und durchdringende Benetzung der Warenbahn möglich. Durch den Anpressdruck der Walzen und in Abhängigkeit von den Materialeigenschaften der Warenbahn kann die Auftragsmenge der Flotte festgelegt werden. Diese wird als Feuchteaufnahme oder auch „Abquetscheffekt“ in Liter Wasser pro Kilogramm Ware bzw. in von Hundert bezogen auf das Warengewicht berechnet. Die minimal mögliche Feuchteauftragsmenge beträgt 50% (Polyester) bzw. 55% (Baumwolle). Geringere Feuchteauftragsmengen sind genauso wenig möglich wie ein einseitiger Flottenauftrag. Die mit diesem Wassergehalt auf der Ware verbleibenden Farbstoffe und Chemikalien führen beim nachfolgenden Trocken- und Fixierprozess zu den gewünschten Effekten.

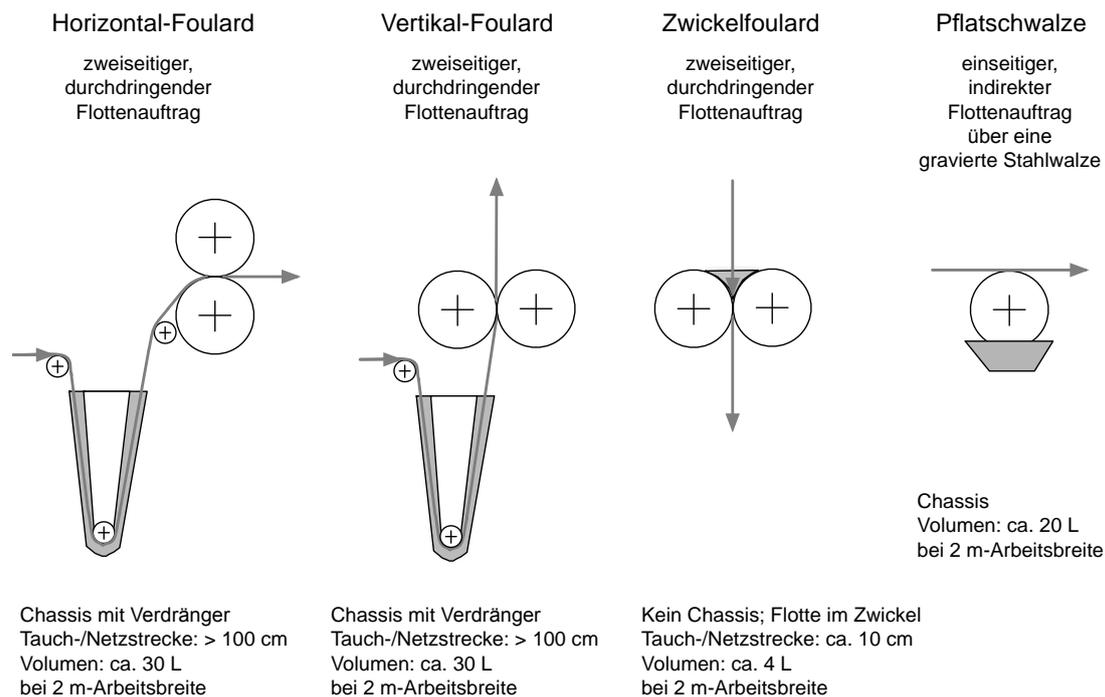


Abbildung 1: Anordnungen von Foulardwalzen bzw. eines Pflatschwalzensystems (einseitiger Produktauftrag) mit Angabe der Restflottenmengen bei voll gefülltem Chassis [DWA M 733]

Zwei hintereinander geschaltete Foulards ermöglichen einen „nass-in-nass“-Auftrag, z.B. für eine Hochentwässerung im ersten Foulard und eine gezielte Einstellung eines Differenzfeuchtegehaltes der mit der Appreturflotte benetzten Ware im zweiten Foulard. Eine Zwischentrocknung erübrigt sich in diesem Fall. Anstelle des zweiten Foulards kann auch ein anderes Auf-

tragsaggregat zur Addition von Veredlungsmitteln auf die Warenbahn eingesetzt werden [DWA M 733].

Am Ende des Auftrages der Appreturflotte auf die Warenbahn bleibt verfahrensbedingt eine sogenannte Restflotte im Chassis zurück, da die Systemfüllung nicht vollständig verbraucht werden kann, ohne dass Qualitätsdefizite durch eine ungleichmäßige und unvollständige Benetzung der Warenbahn entstehen. Diese Restflotte ist zu entsorgen. Sie beträgt bei sogenannten Sparchassiseinrichtungen mindestens 10 L, häufig mehr als 30 L (das Hauptvolumen des Chassis wird durch ein Verdrängersystem eingeengt; siehe Abbildung 1, Horizontal- und Vertikal-Foulard). Abwasser entsteht beim Reinigen der Ansatz- und Transportgefäße, der Pumpe und Zuleitungen, des Chassis und des Foulards bzw. der anderen Auftragssysteme. Die Abwassermenge beträgt bis 100 L pro Reinigungsvorgang; die abgelösten Stoffe führen zu einer CSB-Konzentration von 120 bis 1.500 mg O₂/L [DWA M 733 (2015)].

Größere Restmengen an Appreturflotte haben ihre Ursache neben einer nicht möglichen vollständigen Entleerung des Systems auch darin, dass der Flottenansatz üblicherweise nur mit einer Genauigkeit von 10 L (Skalierung des Ansatzgefäßes bei händig vorgenommener Abmessung des Flottenvolumens) vorgenommen wird und ein *Sicherheitsausgleich* für die nicht genau ermittelte Flottenaufnahme (L Appreturflotte/kg Ware) zu berücksichtigen ist. Oft schleppt die textile Warenbahn aus vorhergehenden Prozessstufen der Textilveredlung in Wasser lösliche oder dispergierbare Stoffe in die Appreturflotte im Chassis ein, weshalb die im Chassis am Ende des Prozesses verbleibende Restflotte für eine nachfolgende Verwendung unbrauchbar wird.

Mit der Entsorgung der Flottenreste geht ein entsprechender Verlust an chemischen Appreturmitteln einher. Zu dem damit verbundenen Wertverlust sind die hohen Kosten für die Entsorgung zuzurechnen. Auch das erste Wasser für die Reinigung von Chassis und System muss entsorgt werden, wenn die darin enthaltenen Stoffe biologisch nicht eliminierbar und persistent und/oder toxisch sind.

In den letzten Jahren hat der Schaumauftrag wieder an Bedeutung zugenommen. Der Schaumauftrag erfolgt über Rakel oder Rotationsschablonen (rotierende zylindrische Siebe). Der Übergang zwischen Appretur und Beschichtung ist hier fließend. Für bestimmte Textilbeschichtungen hat der über Rotationssiebschablonen auf die Warenbahn aufgebrachte Schaum wegen eines sehr geringen Flächengewichtes und einer nur geringen abrasiven Wirkung gegenüber Streichsystemen insbesondere für Maschenwaren Vorteile. Eine breite Anwendung insbesondere für leichte Beschichtungen mit metastabilen Schäumen hat sich jedoch in der Praxis nicht durchgesetzt. Die in den letzten Jahren zahlreich vorgenommenen Versuche, den Schaumauftrag auch für die chemische Appretur einzuführen, führten bisher nur zu eingeschränkten Ausrüstungsergebnissen. Hierbei erweisen sich insbesondere die Reinigung des Systems, bestehend aus Schablone, Rakel, Schläuche und Schaummixer, und der damit verbundene Arbeitsaufwand sowie Wasserverbrauch als Nachteil. Hydrophob- und Oleophobausrüstungen sind zudem wegen des Einsatzes von hydrophilen Schaumhilfsmitteln nur mit großen Einschränkungen bei den Effekten durchzuführen. Die konzentrierten Restflotten bzw. -pasten und gegebenenfalls auch das Wasser vom Reinigen des Systems müssen entsorgt werden. Ein universeller Einsatz ist daher mehr als fraglich.

Zu anderen, selten eingesetzten Auftragssystemen gehört der Pflatschtauftrag (siehe Abbildung 1, rechte Walzenanordnung), bei dem eine in einen Trog eintauchende Walze die Imprägnierflotte auf die an dieser *Pflatschwalze tangential* vorbeigeführte Warenbahn einseitig

überträgt (nachfolgende Abbildung). Die Ware wird unter einer bestimmten Spannung an der Pflatschwalze unter einem geringen Kontaktwinkel vorbeigeführt. Das begrenzt den Flottenauftrag auf minimale Mengen. Am Ende des Imprägnierprozesses bleiben die Füllmenge des Troges sowie die Systemfüllung übrig, in der Regel mehr als 10 L. Für eine Weichgriffausrüstung werden die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefassten, experimentell ermittelten Werte für eine nass-in-nass-Ausrüstung (chemische Appretur ohne Zwischentrocknen, 1. Foulard zur Hochentwässerung, 2. Foulard zum Imprägnieren bzw. Pflatschsystem mit zwei Walzen) von Baumwoll-Frottierware im Vergleich zur Imprägnierung auf dem Foulard angegeben und mit einer Foulardapplikation verglichen.

Tabelle 1: Vergleich einer Weichgriffausrüstung von Frottierware für eine klassische Foulard-Ausrüstung und einen Pflatschlauf mit einem Zwei-Walzen-Pflatschwerk [Matex Eco]

Parameter und spezifische Ergebnisse		2. Foulard	Pflatschlauftrag
Hochentwässerung (1. Foulard) Restfeuchte	%	84	84
Flottenauftrag zur Weichgriffausrüstung, additiv	%	19	(2 · 3 =) 6
Gesamtfeuchte	%	103	90
Differenz Feuchte Pflatsche zu Foulard	%	(Bezug)	- 13
Verbrauch Weichmacher (gleiche Anwendungskonzentration wässrige Lösung)	kg/h	33,93	11,73
Ersparnis Weichmacher	kg/h	(Bezug)	- 22,2
Ersparnis Weichmacher	kg/a	(Bezug)	- 97.680
Ersparnis Weichmacher	EUR/a	(Bezug)	- 146.520
Produktionsgeschwindigkeit	m/min	21	23

Als Vorteile werden genannt: Es sind 13% weniger Wasser zu verdampfen; es ist keine Nachdosierung des Weichgriffmittels erforderlich, wie dies im Chassis bei einer Verwässerung der Weichgriffmittelflotte durch die Restfeuchte der hochentwässerten Ware möglich ist; der Weichmacher „sitzt an der Oberfläche der Frottierware und zwar dort, wo man ihn fühlt“; Einsparung an Weichgriffmittel. Unberücksichtigt bleibt die Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit um 10% [Matex Eco].

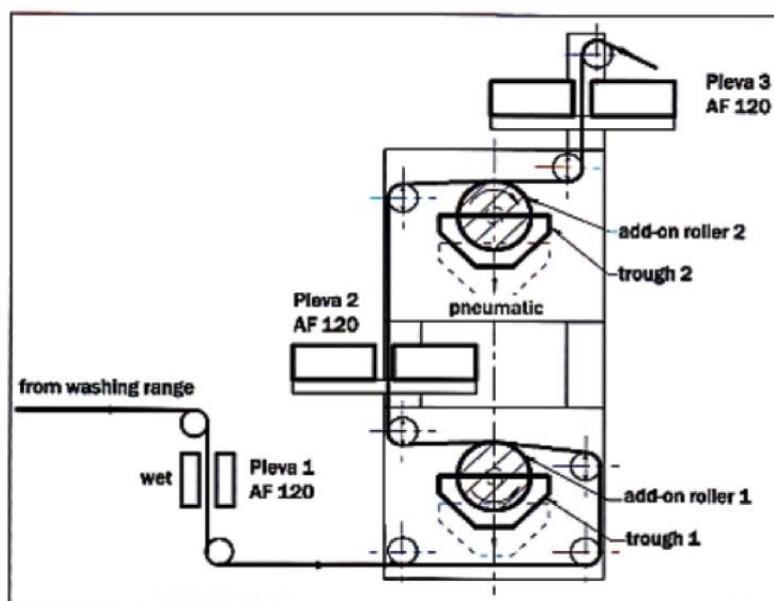


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Pflatschsystems mit zwei Pflatschen für eine gleichzeitige Vorder- und Rückseitenbehandlung [Matex Eco]

Ein abgeändertes Pflatschverfahren (Zimmer, Timatec) sieht einen indirekten oder auch direkten Auftrag von wässrigen Lösungen (eingeschränkt auch Dispersionen) über eine Rasterwalze vor, die in ein Chassis mit ca. 10 L Flotte in „6-Uhr-Stellung“ halb eintaucht und die die mit der Rasterung mitgenommene Flottenmenge entweder auf eine sehr viel größere Walze und von dort nach einer viertel Umdrehung auf die Warenbahn aufträgt (indirekter Auftrag) oder die Flottenmenge durch direkten Kontakt mit der Ware, die dann an die größere Walze angelegt wird, auf die Ware überträgt. Die Rasterwalze hat einen Durchmesser von wenigen Zentimetern und wird an die größere Walze, die einen Durchmesser von ca. 50 cm hat, magnetisch angepresst. Für den indirekten Flottenauftrag muss die Imprägnierlösung eine bestimmte Viskosität und Grenzflächenspannung aufweisen, da es sonst zu einem Abriss des Wasserfilmes auf der größeren Walze kommt. Das aber verfälscht das Ergebnis der chemischen Appretur. Ein Netzmittelzusatz ist bei Hydrophobausrüstungen ebenfalls unerwünscht. Am Ende bleibt eine Restflottenmenge mindestens in der Größenordnung des Chassisinhaltes übrig. Das Chassis ist unterhalb der größeren Walze angebracht, schlecht einzusehen und auch von der Handhabung her ungünstig eingerichtet.

Der Walzenauftrag ist weniger in der Appretur, mehr jedoch bei der Beschichtung von bahnenförmigen Textilien bekannt. Wenn eine definierte Schicht auf eine oder beide Seiten eines Textils aufgetragen werden soll, lässt sich dies nicht mehr mit dem Tauchverfahren mit nachfolgendem Abstreifen der überschüssigen Flotte/Paste durch die Abquetschwalzen des Foulards oder durch eine Rakel realisieren. Insbesondere wenn dünne bis mittlere Schichtdicken der Beschichtung erwünscht sind, werden bis zu 5 Walzen eingesetzt. Die Beschichtungsmenge und die Schichtdicke der direkt oder indirekt aufgetragenen Beschichtungschemikalien werden durch die Viskosität der Beschichtungsflotte bzw. -paste über die Walzenanordnung und die Drehrichtung der Walzen im Bezug zur Textilbahn gesteuert. Bei den Walzen handelt es sich um Stahlwalzen mit einer Verchromung oder Keramikoberfläche sowie um gummierte Walzen [Glawe]. Für Papierbahnen, auf die einseitig Imprägnierchemikalien aufzutragen sind, und auch im Bereich der Beschichtung von textilen Warenbahnen werden Streich- und Walzensysteme unterschiedlicher Materialart eingesetzt; bei den Walzen handelt es sich meistens um Stahlwalzen, die eine glatte oder eine gerasterte Oberfläche aufweisen, sowie um Kunststoffwalzen [Schmalz]. Im Bereich der Textilausrüstung, insbesondere im Bereich der Imprägnierung, haben diese Systeme bisher keine Bedeutung. Eine Zusammenfassung zu diesen teils sehr alten Systemen wird gegeben in [Roll Coaters].

Andere Minimal- und Additionsverfahren wie beispielsweise der Sprühauftrag (z.B. ECO₂[®] Sprühanwendungen mit ROTO Finisher[®] von ROTASPRAY) ermöglichen einen Minimalauftrag, weisen aber zum Teil erhebliche Systemfüllmengen auf und/oder können nur in ganz bestimmten Bereichen der Imprägnierung ohne Einschränkung eingesetzt werden. Sprühverfahren werden bei der Vliesherstellung angewendet, erfordern aber in besonderem Maße die Beachtung von Arbeitsschutzgesichtspunkten. Wegen der Gefahr der Bildung von Aerosolen ist ein entsprechender Aufwand zur Risikominimierung für die Arbeitsumgebung zu beachten. Zu beachten ist auch der Reinigungsaufwand, der insbesondere bei Schaumauftrags- und auch bei Sprühverfahren bei einem Partiewechsel mit unterschiedlicher chemischer Appretur erforderlich ist.

Der mit dem Foulard verbundene universelle Auftrag von Appreturflotten auf Gewebe und Strickwaren sowie Non-Wovens aller Art ist daher bisher durch kein anderes Auftragsverfahren zu ersetzen gewesen.

Die Zudosierung von flüssigen Chemikalien als Lösungen und Dispersionen ist heute bei hoher Genauigkeit möglich. So ist vereinzelt in der Praxis die genau bemessene Bereitstellung der Imprägnierbäder für die Appretur anzutreffen, bei der der Verbrauch an Imprägnierflotte während des ersten Teils einer Partie gemessen und der Restbedarf sogleich berechnet und bereitgestellt wird. Am Ende bleibt dann nur noch die Chassisfüllung übrig, die für eine gleichmäßige Imprägnierung der Warenbahn vom Anfang bis zum Ende erforderlich ist. Diese *Vorausberechnung des Flottenverbrauches* ist jedoch nur bei größeren Partien möglich, da mindestens 10 Minuten Prozesszeit erforderlich sind, um eine genaue Flottenverbrauchsmessung durchzuführen und die – automatisierte – Zudosierung einzustellen. Viele Veredlungsaufträge sind jedoch für Metragen unter 1.000 m Partielänge vorzunehmen, die bei einer Warengeschwindigkeit von 40 m/min gerade 25 Minuten Prozessdauer bewirken.

Die im Chassis des Foulards verbleibende Restflotte soll in einigen Fällen mit so genannten Nachläufern aufgenommen werden. Nachläufer sind gebrauchte textile Warenbahnen, die nicht mehr in den Verkauf kommen und das Partieende aus Qualitäts- bzw. Schutzgründen „verlängern“. Sie haben daher oft mindestens die Länge der Anlage, durch die die textile Warenbahn kontinuierlich und ohne Stillstand zu führen ist. Meist werden sie mehrfach verwendet, so beispielsweise als Vor- oder Nachläufer bei den in kontinuierlicher Weise bearbeiteten Bleich- oder Färbepartien. Wenn sie zur Appretur als Nachläufer eingesetzt und hierbei mit Hydrophobiermitteln behandelt wurden, können sie nicht wieder verwendet werden. Sie werden dann als textiler Abfall entsorgt. Bei einem Flächengewicht des Nachläufers von 300 g/lfm und einer Restfeuchte nach der Foulardpassage von 80% werden 50 m Nachläufer benötigt, um 12 L Restbad vollständig aufzunehmen. Der Restwert des Textils, die Entsorgungskosten, die Kosten der Chemikalien und auch der Energieeinsatz zum nachfolgenden Trocknen im Spannrahmen lassen eine derartige Verfahrensweise in der Appretur sehr fraglich erscheinen.

Der Imprägniervorgang setzt sich beim Foulard und einem damit verbundenen Standardchassis aus der Tauchstrecke im Chassis, bei der die Warenbahn mit der Appreturflotte durchdringend in Kontakt gebracht wird, und einer zusätzlichen Netzstrecke zwischen Badoberfläche des Chassis und dem Foulardwalzenpaar zusammen. Auf dem Abschnitt zwischen dem Verlassen der im Chassis befindlichen Appreturflotte und der Quetschfuge des Foulards fließen das abgequetschte Imprägnierbad sowie die im Überschuss aus dem Bad mitgenommene wässrige Lösung oder Dispersion gegenläufig zur Ware in das Chassis zurück. Dies stellt einen wesentlichen Beitrag zur vollständigen Benetzung = Durchdringung der Warenbahn mit dem Imprägnierbad dar. Währenddessen kommt es aber auch zur Ablösung von an der Warenbahn anhaftenden chemischen Stoffen, was man beispielsweise mit Pflatsch- und Additionsverfahren vermeiden möchte. Ein anderes Problem besteht darin, dass insbesondere Maschenwaren oder zugempfindliche Waren durch die Passage im Chassis und die bis zum Walzenpaar des Foulards mitgeschleppte Flotte, die ein Mehrfaches des Warengewichtes ausmachen kann, unter eine hohe Längsspannung kommen. Die damit verbundene „Längung“ der Ware muss im nachfolgenden Trocknungs- und Fixierprozess als „Schrumpfung“ wieder egalisiert werden. Eine spannungsarme Passage während des Imprägniervorganges wäre daher mit großen Qualitätsvorteilen verbunden.

Die bisherige Reinigung von Hand mit einem Wasserschlauch, in Fällen stark anhaftender Appreturflotten- und Pastenreste auch mit dem Hochdruckreiniger bzw. mit dem Dampfstrahler, führt zu einem hohen Wasserverbrauch, der abhängig ist von der Entscheidung des Maschinenführers hinsichtlich der Reinheit der Aggregate. Nicht direkt einsehbare Stellen, zum Beispiel an der Rückwand des Verdrängers oder in den Zuleitungen, werden dabei oft nur unzu-

reichend gereinigt. Insbesondere die an den Wänden des Verdrängers bzw. des Chassis anhaftenden Reste der Appreturmittel sind bei nachfolgenden Veredlungen die Ursache von Flecken (Qualitätsminderung).

3.2. Chemie und Umweltwirkungen der Appreturmittel

Zur chemischen Appretur werden die in der nachfolgenden Tabelle 2 nach Art und chemischer Zusammensetzung strukturierten chemischen Stoffe eingesetzt.

Tabelle 2: Einteilung einiger bedeutender Appreturhilfsmittel [Kohla]

Art des chemischen Mittels	hauptsächliche chemische Zusammensetzung	ökologisch relevante Eigenschaft
Kunststoff-Dispersionen Basiskomponente	Polyvinylalkohol/-acetat	1), 3)
	Polyacrylsäureester, -amide, Methacrylat	2), 3)
	Polyurethan	2), 3)
	Copolymere des Vinylchlorids und der Acrylsäure	2), 3)
	Polyethylen, Polypropylen	2), 3)
	Epoxidharze, Polyesterharze, Melaminharze	2), 3)
	Silikone, Polysiloxane, Silikonelastomere	2)
Pigmente	Weißpigmente: Titandioxid, Zinkoxid, Zinksulfid anorganische Farbpigmente: Molybdatrot, Eisenoxidrot, Eisenoxidschwarz, Kobaltgrün, Ultramarinblau, Silber- und andere Metallpigmente; organische Farbpigmente: Azopigmente, Chinacridole, Iso-indolinon-Derivate, Phthalocyanine, Dioxazinderivate, Ruß	2) z.T. 3)
UV-Absorber	Benzophenon, Benzotriazol	2), 3), 4)
organische Lösemittel	Isopropanol, Aceton	1), 3)
Weichgriff-/machungsmittel, Glättemittel	aminofunktionelle Silikonemulsionen, hydrophob, hydrophil Silikonquats, -polyether	5)
	Paraffinwachs, Polyethylenwachs	2), 3)
	Fettsäurekondensationsprodukte anionisch, nichtionogen Silikonbasierte quaternäre Verbindungen, quaternäre Ester Kationische Produkte	2), 3), 3) 1), 2), 3), 5)
Versteifungsmittel	abgebaute, modifizierte Stärke, Kunststoffdispersionen (s.o.)	2), 3)
Schiebefestmittel	kolloidale Kieselsäure, Kieselsäureester, vernetzende Polyacrylate, Polyurethane	2), 3)
antimikrobiell wirksame Mittel	Thiocarbatderivate, halogenorganische Verbindungen, Silber und Silber-salze, quaternäre Ammonium- oder Phosphoniumsalze (polymere -), Zinkpyrithion	4)
Flammschutzmittel	Anorganisch: Aluminiumhydroxid, Antimontrioxid-Dispersion, Zinkborat Organisch: Amino-Phosphate, Phosphonate Organische Halogenverbindungen, z.B. Organobrom-Verbindungen, z.T. in synergistischer Wirkung mit Antimontrioxid	4)
Hydrophobier-	Metallsalzseifen, Paraffine, Silikone, Fluorcarbonharze	2), 6)

Art des chemischen Mittels	hauptsächliche chemische Zusammensetzung	ökologisch relevante Eigenschaft
mittel		
Oleophobiermittel	Fluorcarbonharze, Dendrimere (fluorfreie Extender)	2), 6)
Antielektrostatica	Phosphorsäureester, Fettsäurederivate, kationische Ammoniumverbindungen, Carbonsäuresalze	z.T.1)
Mittel zur Verbesserung des Knitter- und Krumpfverhaltens inkl. Additive + Katalysatoren	Dimethyloldihydroxyethylenharnstoff, Reaktantharze (z.B. Dimethylenpropylenharnstoff) Methoxymethylmelaminverbindungen, Zink- und Magnesiumsalze	5)
optische Aufheller, Weißtöner	Triazinylflavonate, Distyrolerivate, Stilbenderivate, Benzoxazolverbindungen	2)

Diverse andere Chemikalien wie z.B. Entschäumer, Netzmittel, Mittel zur pH-Regulierung werden in der Appretur in kleinen Mengen eingesetzt. Diese sind in der biologischen Abwasserbehandlung im Allgemeinen unkritisch.

Anmerkungen zu den ökologisch relevanten Eigenschaften der Appreturmittel (in Klammern: Bestimmungsverfahren):

- 1) akute aquatische Toxizität [EU VO 440/2008 Methode C 1]
- 2) in Wasser unlöslich [EU-VO 440/2008 Methode A 6]
- 3) am Klärschlamm adsorbierbar [EU VO 440/2008 Methoden C 18 und/oder C 19]
- 4) wirken sich unabhängig von einer biologischen Abbaubarkeit bei Überschreitung einer stoffspezifischen Grenzkonzentration nachteilig auf die Abbauleistung der biologischen Stufe aus
- 5) in Wasser lösliche Stoffe, die biologisch schwer abbaubar sind [EU VO 440/2008 Methode C 9 (Zahn-Wellens-Test nach OECD 302 B/DIN EN ISO 9688; der Verlauf der Abnahme des DOC steht im Zusammenhang mit dem biologischen Abbau; keine oder nur eine geringe Abnahme kann aber auch auf einer Hemmung der Mikroorganismen beruhen!)]
- 6) persistent [REACH-VO – Anhang XIII: Kriterien für die Identifizierung persistenter, bioakkumulierbarer und toxischer Stoffe]

Da die Restflotten der Appreturchemikalien zu entsorgen sind (Ausnahme: der biologische Abbau ist gemäß Zahn-Wellens-Test größer 80%), sind nur die mit dem Abwasser, das bei Reinigungsvorgängen nach Beendigung des Appreturprozesses anfällt, abgeleiteten chemischen Stoffe zu beachten. Nicht alle dieser chemischen Stoffe werden an der Klärschlammflocke der biologischen Abwasserreinigung adsorbiert. Es ist daher durchaus möglich, dass nicht biologisch abgebaute oder durch Adsorption eliminierte Stoffe in das Gewässer gelangen. Die akute aquatische Toxizität und die Persistenz sind dann relevante Parameter und zu ihren Grenzkonzentrationen im Gewässer zu bewerten.

3.3. Unterscheidungsmerkmale zu den Ergebnissen des Projektes *InnoImpräg*

In einem Vorhaben, das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wurde, wurde der Zusammenhang von spannungsarmer Behandlung von Warenbahnen mit Imprägnierflotten zu deren einseitigem Auftrag untersucht [InnoImpräg]. Es handelt sich um ein neuartiges Imprägnierverfahren, das zum Patent angemeldet wurde. Die im Labormaßstab durchgeführten Untersuchungen führten zu einem Auftrag der Appreturflotten über eine Rasterwalze, die am Ende einer schrägen Ebene (als bewegtes Gummiband) so angeordnet war, dass die Warenoberfläche ohne Druck gleichmäßig über die Warenbreite berührt und hierbei der Übertrag der mit der Rasterung aus dem Flottenreservoir mitgenommenen Appreturflotte auf die Ware gleichmäßig ermöglicht wurde.

Das ursprünglich verfolgte Konzept einer horizontalen Auftragseinrichtung der schrägen Ebene als Ersatz für das Tauchchassis des Foulards wurde zugunsten einer eigenständigen Imprägniereinrichtung mit dem Ziel aufgegeben, nicht nur die Verluste zu vermeiden, die durch die am Ende des Imprägniervorganges zurück bleibende Restflotte verursacht werden, sondern auch niedrige Flottenauftragsmengen und einseitige Ausrüstungen zu ermöglichen. Als beste Lösung stellte sich ein Rasterwalzensystem heraus, wodurch ein Flottenauftrag von 15 bis 60% in kleintechnischen Versuchen realisiert werden konnte. Der Rasterwalze wird eine weitere Walze, die entweder eine Stahl-, Kunststoff- oder Gummioberfläche hat, so zugeordnet, dass sich ein Zwickel für den Flottenvorrat ergibt.

INNOimpräg - definierter Auftrag von wässrigen Appreturmittel enthaltenen Lösungen und Dispersionen mittels Zweiwalzensystem

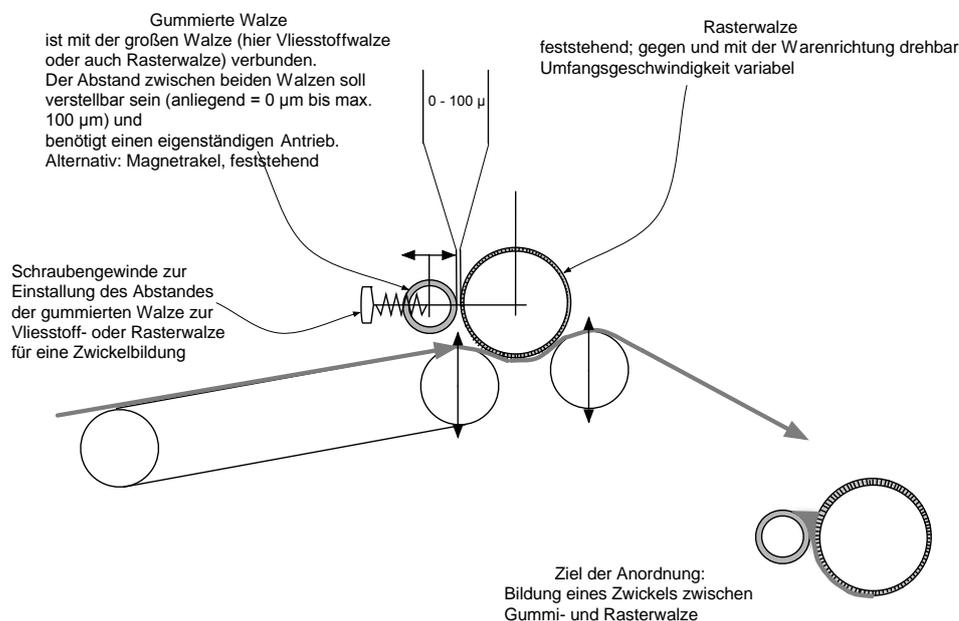


Abbildung 3: *InnoImpräg*-Anordnung der Rasterwalze am Ende des Bandes, das zur gleichmäßigen, spannungsfreien Warenbahnführung dient. Daten zur Rasterwalze (Zecher): Stahlwalze mit Keramikoberfläche, Lineatur: 140 L/cm, Winkel: 60°, Tiefe: 30 µ, Steg-Napf-Verhältnis: 1:16, Napfvolumen: 9,9 cm³/m² [InnoImpräg]

Neben neuen Ausrüstungseffekten durch den einseitigen Appreturflottenauftrag und den damit verbundenen verringerten Einsatz von Chemikalien, einer mit der spannungsarmen Warenbahnführung einhergehenden Verbesserung der Qualität der Ausrüstung, einer geringeren Trocknungsleistung in der nachfolgenden Spannmaschine wegen des um 30% geringeren Feuchtegehaltes und durch den Wegfall von Flottenresten und deren Entsorgung sind Kosteneinsparungen in erheblichem Maße anzunehmen, die einhergehen mit einem entsprechenden Umweltentlastungspotenzial [InnoImpräg].

Technische Versuche wurden mit Maschenwaren und Webwaren mit Hilfe einer Rasterwalzenanordnung durchgeführt, die für die Papierbeschichtung vorgesehen ist und deswegen nur mit hoher Warenspannung zu betreiben war. Es konnte hierbei jedoch die Gültigkeit des Verfahrens untersucht und im praxisähnlichen Maßstab erprobt werden. Mit Hilfe der Labortechnik wurden sodann im kleintechnischen Maßstab unterschiedliche Veredlungen (insbesondere Fleckschutz- und Flammschutzausrüstungen) auf verschiedenen Waren und mit ein- und zweiseitigen Effekten durchgeführt und hinsichtlich der Effekte geprüft [InnoImpräg].

Eine großtechnische Pilotanlage wurde auf der Basis eines bestehenden Konzeptes (Timatex) erstellt, erwies sich aber in der „6-Uhr-Stellung“ der Rasterwalze als nicht geeignet (siehe oben zum Stand der Technik). Für das Auftragssystem, welches als eigenständige Anlage, beispielsweise als Ersatz für den Foulard in eine Veredelungslinie integriert werden soll, wurde daher eine Anordnung der Rasterwalze in 9-Uhr-Stellung an der großen Aluminiumwalze vorgeschlagen [Dolinschek], über die der Produktauftrag dann „indirekt“ auf die Warenbahn erfolgen soll. Das Funktionsprinzip dieses Minimalauftragssystems besteht darin, den Spalt zur Definition der Auftragsmenge mittels einer Magnetwalze einzustellen. Ein gleichmäßiges Verteilen des Auftragsmediums über die Warenbreite soll über eine changierende Dosiereinrichtung über dem sich bildenden Zwickel zwischen Raster- und Aluminiumwalze ermöglicht werden. Für einen gleichmäßigen Wareneinlauf ist eine Breitstreckvorrichtung vorgesehen, die insbesondere dazu dienen soll, bei elastischen Waren die Kanten auszubreiten. Das ist jedoch mit einer zusätzlichen Spannung der textilen Warenbahn verbunden, was insbesondere bei Maschenwaren vermieden werden soll.

Der wesentliche Unterschied zwischen der *InnoImpräg*-Verfahrensentwicklung und dem Zusatzaggregat, das in diesem Vorhaben zur technischen Reife zu entwickeln war, besteht also darin, dass im Vorhaben *InnoImpräg* das Verfahren des Flottenauftrages mittels einer Rasterwalze mit gleichzeitiger Vermeidung von Restflotten als Ersatz des Chassis mit einer Anordnung zwischen zwei Foulards (der erste üblicherweise zur Entwässerung, der zweite zur nass-in-nass-Imprägnierung) bevorzugt wurde. Die daraus resultierende Maschine soll gleichzeitig als Alternative für Minimalauftragsverfahren (Schaumauftrag, Sprühauftrag, Pflatsche) als auch als spannungsarmes Verfahren zum Einsatz kommen und kann den zweiten Foulard, der für die Imprägnierung vorgesehen ist, ersetzen [InnoImpräg].

Im Gegensatz dazu geht in diesem Vorhaben das Zusatzaggregat zum Foulard davon aus, dass der Foulard zunächst gar nicht ersetzt werden kann, da er vielseitig einsetzbar, bewährt und daher auch vor jeder Spannmaschine als Auftragswerk für chemische Appreturen aus wässriger Flotte angeordnet ist. Häufig ist auch nur ein Foulard vor der Spannmaschine eingerichtet, der wegen der Option einer Entwässerung der Ware bei reinen Trocknungsvorgängen nicht ersetzt werden kann. Nachfolgend ist eine Möglichkeit von vielen zur Anordnung eines Zusatzaggregates an einen Vertikalfoulard dargestellt [Patent 2013].

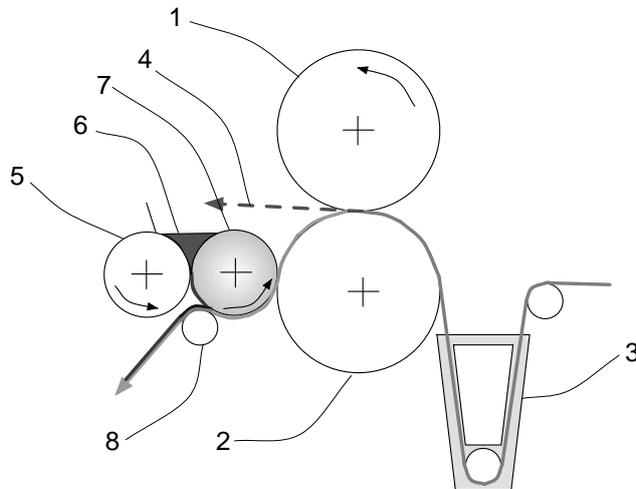


Abbildung 4: Anordnung des Zusatzaggregates in „9-Uhr-Stellung“ zum Vertikalfoulard; 1: angetriebene Foulardwalze, 2: mit Hochdruck angepresste Foulardwalze, 3: Chassis, mit Wasser gefüllt, zur gleichmäßigen Befeuchtung der Warenbahn, 4: (gestrichelt) Warenbahnführung ohne Additivaufrag über das Zusatzaggregat, 5: Konterwalze zur Zwickelbildung, 6: Appreturflotte im Zwickel, 7: Rasterwalze (hier gegenläufig zur Warenbahn), 8: Leitwalze zur Bildung einer Umschlingung der Rasterwalze durch die Warenbahn [Patent 2013]

Erst bei Neuinvestitionen von Spannmaschinensystemen wird zukünftig zu entscheiden sein, ob ein Foulard noch eingerichtet wird oder ob anstelle des Foulards eine Kombination von Vakuumentwässerung der Warenbahn mit anschließendem Minimalauftrag der chemischen Appreturmittel vorgesehen wird. Das Zusatzaggregat kann dann auch ohne Foulard als eigenständiges Auftragswerk an passender Stelle vor der Spannmaschine eingerichtet werden, da es über eigene Antriebe verfügt. Beispielsweise ist eine Anordnung zu Beginn des Einlauffeldes vor der Spannmaschine vorstellbar, um im Anschluss an den einseitigen Auftrag von verdünnten wässrigen Appreturen eine weitere Berührung der Warenbahn mit Umlenkwalzen zu vermeiden. An dieser Stelle werden auch Beschichtungen von Warenbahnen mit Pasten auf Wasserbasis durchgeführt, so dass keine unüberwindbare Systemumstellung erforderlich ist.

3.4. Bau eines Versuchstandes als Zusatzaggregat für den Foulard

Zunächst wurde ein Pflichtenheft erarbeitet, das die Eigenschaften des Zusatzaggregates als Aufsatz auf einem Foulard festlegte, der mit schräg stehenden Walzenpaaren ausgestattet war und der vom beteiligten Textilunternehmen für die Versuchsdauer zur Verfügung gestellt wurde.

- 1) Foulard-Betrieb weiter möglich
- 2) Einseitiger Auftrag; Restflotte „Null“
- 3) Zweiseitiger Minimal-Auftrag unterschiedlicher Appreturmittel zur Erlangung von unterschiedlichen Ausrüstungseffekten auf der Vorder- und Rückseite der Warenbahn, zunächst nur durch zweimalige Passage der Warenbahn durch das Zusatzaggregat; Restflotten „Null“
- 4) Vollständige Imprägnierung der Warenbahn mit definiertem Flottenauftrag ohne Abquetschen (Entwässern); Restflotte „Null“
- 5) Flexible seitliche Begrenzung des Flottenauftrages auf die tatsächliche Arbeitsbreite
- 6) Dichte Ausführung für niedrig viskose, wässrige Medien mit unterschiedlicher Grenzflächenspannung (gleichmäßige Benetzung der Textiloberfläche ohne Netzmittelzusätze)
- 7) manuelle Verstellung des Umschlingungswinkels der Rasterwalze
- 8) Antrieb der Rasterwalze für mit- und gegenläufigen Betrieb zur Warenrichtung und mit Geschwindigkeitsregelung (schneller/langsamer/gleich der Warengeschwindigkeit)
- 9) Spannungsarme Warenbahnführung durch das System; Antrieb der Leit-(Umlenk-) Walze
- 10) Gummierte Gegenwalze mit eigenem Antrieb, regelbar und in der Richtung der Umfangsgeschwindigkeit regelbar
- 11) Begrenzung des Flottenvolumens im Zwickel; Füllstandshöhenmessung über Echolot
- 12) Zudosierung der Ausrüstungsflotte mittels Pumpe aus Vorratsbehälter; Möglichkeit zur Verbrauchsmessung
- 13) Sprühdüsensystem zur Schnellreinigung der Walzen

Der in der Textilveredlung insbesondere zur chemischen Appretur eingesetzte Foulard wird weiterhin betrieben, zum Beispiel für den Transport der Warenbahn oder zur unmittelbar vorhergehenden Entwässerung, aber auch für noch nicht umgestellte Veredlungen, da ein direkter und vollständiger Umstieg auf die neue „Minimalauftrag“-Verfahrenstechnik auch eine Anpassung der Ausrüstungsrezepte verlangt, damit die mit den Kunden festgelegten Eigenschaften der appretierten Warenbahnen eingehalten werden. Da es sich hier um einen Versuchstand handelt, musste der Foulard in der Zeit, in der keine Versuche stattfanden, für die Auftragsbearbeitung ohne Einschränkung zur Verfügung stehen. Für den am Vorhaben beteiligten Veredlungsbetrieb bestand die Chance, neben der Praxiserprobung und Übertragung von

gängigen Appreturen vom Foulard auf das Rasterwalzensystem völlig neue Veredlungseffekte durch den einseitigen oder zweiseitig unterschiedlichen Auftrag von Veredlungschemikalien zu untersuchen und damit auch neue Produkte zu entwickeln.

Bei dem vom Textilbetrieb für die Versuche bereitgestellten Foulard handelte es sich um einen Diagonalfoulard mit zwei gummierten Walzen mittlerer Shorehärte. Das vor den Walzen des Foulards angeordnete, schwenkbare Chassis wurde während der Versuche nicht benutzt. Die Foulardwalzen dienten ausschließlich dem Transport der Warenbahn und wurden mit minimalem Druck aneinander gedrückt. Die Umfangsgeschwindigkeit orientierte sich an der Warenbahngeschwindigkeit, die durch die nach dem Zusatzaggregat angeordnete Pendelwalze und damit verbunden die Geschwindigkeit der Foulardwalzen geregelt wurde.

Entsprechend der in der Abbildung 4 dargestellten Skizze zur Anordnung des Zusatzaggregates an den Foulard wurden von Fa. SUCHY die technischen Zeichnungen und Stücklisten erstellt und der Versuchsstand gebaut. In der nachfolgenden Abbildung 5 sind die Möglichkeiten zu den veränderbaren Parametern zusammengefasst.

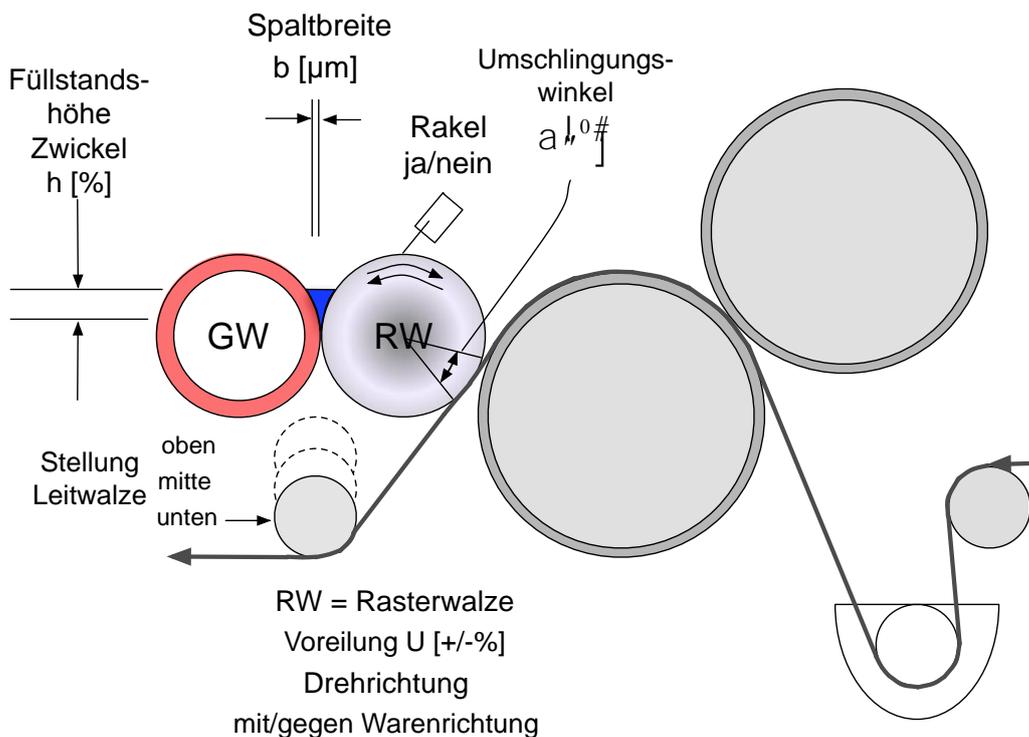


Abbildung 5: Einstellmöglichkeiten des Versuchsstandes des Zusatzaggregates. Die Rasterwalze (RW) und die gummierte Walze (GW) bilden einen Zwickel, dessen Füllstandshöhe regelbar ist. Zwischen GW und RW besteht ein geringer Abstand (Spaltbreite). Beide Walzen verfügen über eigene Antriebe und können unabhängig voneinander in der Umfangsgeschwindigkeit und Drehrichtung variiert werden.

Vor der Anbringung des Versuchsstandes am Foulard des Textilbetriebes wurde eine Funktionsprüfung mit Wasser und ohne Textil vorgenommen. Die technischen Daten des Versuchsstandes waren:

Arbeitsbreite: 2.200 mm, Walzenbreite: 2.400 mm

Durchmesser: 200 mm; Manteloberfläche bei max. Arbeitsbreite 2.200 mm: 1,38 m²

Umfang Rasterwalze: 628 mm

Spalteinstellung zwischen Raster- und Gummiwalze (10 µm bis 250 µm) war händig beidseitig über Schneckengetriebe und Keileinstellung vorzunehmen, was eine gleichmäßige Filmbildung mit Wasser ermöglichte; Flottenvolumen der Rasterlineatur: 20 mL/m².

Die Abdichtung des Spaltes bzw. des Zwickels zwischen Raster- und Gummiwalze war beidseitig am Walzenende als PTFE-Weichdichtung ausgeführt; bis zur Inbetriebnahme am Foulard war vorgesehen, dass sich die Abdichtung durch einen längeren Probebetrieb mit und ohne Wasser noch einarbeitet. Die Füllstandshöhe der Flüssigkeit im Zwickel war elektronisch begrenzt (An-/Aus-Funktion für die Zulieferpumpe) und durch die Einstellung des Messsensors in der Höhe und damit in der Menge variabel.

Für den Versuchsstand war vorgesehen, dass die Zulieferpumpe zunächst nicht durch das System gesteuert wird. Die Option war aber vorhanden. Die Zuliefermenge soll während der Versuchsphase zunächst berechnet und dann für die jeweiligen Pumpeneinstellungen bei jedem Versuch ausgelitert werden. Dafür wurde in die Schlauchverbindung zwischen Pumpe und Zwickel ein Dreiwegeventil eingebaut. Drei unterschiedlich große Membranpumpen sowie eine Zahnradschlepppumpe wurden zu Beginn der Versuche auf ihre Eignung hin untersucht.

Die Antriebe der Walzen waren stufenlos regelbar; Rasterwalze und Gummiwalze können in die gleiche Richtung oder auch gegenläufig gedreht werden. Eine Umlenkwalze (nicht in der Abbildung 5 dargestellt), die auf die Leitwalze folgte, ist für einen spannungsarmen Warenlauf mit einem Antrieb ausgestattet.

Die Leitwalze ist eine Edelstahlwalze. Sie ist unter dem Rasterwalzenpaar angeordnet und ermöglicht entsprechend der händig verstellbaren Lochhöhe unterschiedliche Umschlingungswinkel der Rasterwalze und damit eine mehr oder weniger lange Kontaktstrecke zwischen Rasterwalze und tangierender Warenbahn. Das gesamte System wurde auf Linearführungen aufgesetzt, um eine Verschiebung in der Ebene, beispielsweise zur Annäherung der Rasterwalze an die untere Foulardwalze, zu ermöglichen. Diese Foulardwalze ist angetrieben. Dadurch konnte bei den Praxisversuchen einem Faltenlauf von Maschenware entgegengewirkt werden.

Bei der Funktionsprüfung erwies es sich als günstig für eine gleichmäßige Filmbildung auf der Rasterwalzenoberfläche (entsprechend einem gleichmäßigen Flottenauftrag), dass die Gummiwalze steht! Die auf der Rasterwalze angebrachte erwies sich schon bei den ersten Praxisversuchen als erforderlich, um niedrige und gleichmäßige Flottenauftragsmengen zu erzielen. Geringe Unebenheiten der Rakel (z.B. auch durch mitgeschleppte Fasern) hatten jedoch eine Streifenbildung zur Folge.

Genauere und geänderte Einstellungen wurden bei Inbetriebnahme und den dann folgenden Versuchen vorgenommen.

Für die Reinigung des Systems wurde ein Spritzdüsensystem oberhalb der Gummiwalze angebracht, das an das Frischwassernetz des Textilbetriebes angeschlossen wurde. Bei den

ersten Praxisversuchen stellte sich heraus, dass der bei der Laboranlage zur Reinigung der Rasterwalze verwendete Isopropanol in großer Menge über eine Arbeitsbreite von mehr als einem Meter nicht sicher eingesetzt werden kann. Eine händische Reinigung des Versuchstandes mit Isopropanol war anfangs zur Entfernung von Fetten und Ölen von der Montage allerdings notwendig („Grundreinigung des Systems“). Gegenüber dem Einsatz brennbarer Lösemittel für die Walzenreinigung wurden seitens des Herstellers des Versuchstandes Bedenken geäußert. Auch eine zunächst angedachte „automatisierte“ Reinigung der Rasterwalze über einen mit Isopropanol getränkten Vliesbalken war nicht zu verantworten, da kein Ex-Schutz eingerichtet war (was die Maschine erheblich verteuern würde). Die Reinigung der Rasterwalze muss daher ausschließlich mit Wasser erfolgen, das über ein Spritzregister mit kräftigem Druck auf die Walze geleitet wird. Hierbei war zu beachten, dass es nicht zum An-trocknen der Appreturflotte an der Rasterwalze kam. Das Freispülen der Lineatur erwies sich als sehr aufwändig.

Das Schaltschrank wurde auf einem Ständer aufgesetzt. Für die Bedienung wurde ein Touch-Panel mit allen zunächst vorgesehenen, elektrisch verstellbaren Systemeinstellungen (erweiterbar), mit Warenlaufschema und Kennzeichnung der Motoren versehen. Außerdem wurde ein Schaltschrank bereitgestellt.

Alle technischen Zeichnungen, Beschreibungen und die Stücklisten wurden den Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Die Risikoanalyse wurde bei der Inbetriebnahme durchgeführt und entsprechende Anweisungen verschriftlicht und zusammen mit allen anderen Anweisungen, Informationen und Wartungsvorschriften an das Bedienpersonal gegeben. Während der gesamten Versuchsphase wurden kontinuierlich die erfolgten Änderungen eingepflegt.

3.5. Ergebnisse der Praxiserprobung des Versuchstandes anhand eines Polyester-gewebes zur Ermittlung der konzeptionellen Anpassungen

Zu Beginn der Praxisversuche wurde ein von dem Textilbetrieb für die Versuche bereitgestelltes Polyestergewebe mit einem Flächengewicht von 110 g/m^2 und einer Warenbreite von 140 cm ausschließlich mit Wasser imprägniert und sofort anschließend im Spannrahmen getrocknet. Nach jedem Einstellungswechsel wurden Warenproben genommen und zu den Gewichtsänderungen untersucht. Die Warengeschwindigkeit war bei allen Versuchen auf 12 m/min eingestellt. Der Umschlingungswinkel der Warenbahn um die Rasterwalze war durch die Wahl der untersten Lochebene für die Leitwalze auf das geringste Maß (40°) eingestellt (tangentialer Kontakt). Für die manuelle Einstellung des Spaltes zwischen Raster- und Gummiwalze wurde nachträglich eine Verbindungswelle zwischen den Einstellschrauben eingebaut, die eine erheblich genauere und über die Breite gleichmäßigere Einstellung der Spaltbreite ermöglichte.

Die an den Enden des Walzenpaares angebrachte Kunststoffdichtung erwies sich als unbrauchbar, da sie nicht genügend abdichten konnte. Die Verluste an Flotte (Wasser) waren zu hoch. Die nicht von der Warenbahn kontaktierten Bereiche der Rasterwalze nehmen das Wasser wieder mit in das System, was zu Tropfen führte. Die Begrenzung des Zwickels muss also auf die tatsächliche Arbeits- gleich Warenbreite vorgenommen werden, was den ersten Umbau zur Folge hatte. Aber auch in dieser Stellung der seitlichen Abdichtung des Zwickels konnte kein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht werden. Die Kombination aus einem Vliesstoff als Dichtungsmasse, der mit Federkraft an die Oberfläche der beiden Walzen ge-

drückt wird, mit Kunststoffhalterung saugte sich mit Flüssigkeit (später mit Chemikalien) voll, widerstand nicht dem Abrieb durch die Rasterwalzenoberfläche und entsprach nicht den hohen Anforderungen an die Dichtigkeit. Auf der Rasterwalzenoberfläche waren Partikel erkennbar, die vom Abrieb der Dichtung herrührten. Bis zum Ende des Vorhabens konnte kein besser geeignetes Material als die Kombination aus Vliesstoff mit Kunststoffhalterung gefunden werden. Das Abstreif rakel auf der Rasterwalze, das nur dann eingesetzt werden konnte, wenn die Drehrichtung der Rasterwalze mit der Bewegungsrichtung der Warenbahn übereinstimmte, führte zu einer erheblichen Reduzierung der Tropfenbildung.

Das Volumen der Systemfüllung (Pumpe, Schläuche und Zwickel) wurde auf etwa 2 Liter bestimmt.

Tabelle 3: *Versuche der Benetzung von PES-Geweben mit Wasser bei unterschiedlichen Einstellungen des Versuchsstandes; alle Flottenaufnahmen wurden jeweils mehrfach bestimmt und gemittelt.*

Nummer der Versuchsreihe	Material	Waren-geschw. m/min	Gummi-walze (GW)	Rasterwalze (RA) Drehrichtung	Einsatz Rakel auf:	Δ Geschw. Rasterwalze zur Waren-geschw.	Flotten-auf-nahme %
1	PES	15	steht	mit Ware	kein	+20 bis -20	90
2	PES	11	steht	mit Ware	RA	-10%	65
						0%	50
						+10%	40
						+20%	10
3	PES	12	steht	mit Ware	RA	+5%	50
						+20%	(77!)
4	PES	12	steht	gegen Ware	kein	+20%	35
5	PES	11	steht	gegen Ware	kein	+20%	60
						+10%	69
						0%	48
						-10%	unegal

Das Polyestergewebe wurde immer trocken vorgelegt („trocken-in-nass“-Ausrüstungsverfahren) und bei den Versuchen mit reinem Wasser immer wieder verwendet. Anfangs konnte kein einheitlicher und reproduzierbarer Flottenauftrag erzielt werden, was mit den direkt erkennbaren und notwendigen Änderungen insbesondere der seitlichen Abdichtung (Ersatz der Einstellschrauben durch Federelemente zum Andrücken der Vliesabdichtung an die Raster- und die Gummiwalze) und mit dem Einsatz einer Abstrechrakel auf der Rasterwalze (nur bei gleicher Drehrichtung der Rasterwalze wie die Warenrichtung erforderlich) in Verbindung stand. Mehr oder weniger große Leckagen sorgten für eine ungleichmäßige Verteilung des Flottenauftrages auf die Warenbahn. Für die Versuchsreihe 3 stand keine vollständig getrocknete Ware zur Verfügung, weswegen diese Versuchsreihe wenig aussagefähig war.

Zusammenfassung der Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Versuchen mit PES-Ware und reinem Wasser als Imprägnierflotte:

Immer gleiche Einstellungen:

100% Polyesterware, ohne Appretur, Flächengewicht:

110 g/m²

Warengeschwindigkeit (Spannrahmen):	11 m/min
Füllstandshöhe Zwickel h:	60 mm
Spaltbreite zwischen Raster- und Gummiwalze b:	250 μm
Umschlingungswinkel α :	40 °
Rasterwalze gleich Warenrichtung („mit“), Rakel auf Rasterwalze, Gummiwalze steht	
Umfangsgeschwindigkeit von Rasterwalze und Foulardwalze gleich:	
Einstellung Rasterwalze = 0%; Flottenauftrag:	ca. 50%
Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze 10% schneller als die der Foulardwalze	
Einstellung Rasterwalze: +10%; Flottenauftrag:	ca. 40%
Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze 10% langsamer als die der Foulardwalze	
Einstellung Rasterwalze: -10%; Flottenauftrag:	ca. 65%
Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze 20% schneller als Foulardwalze	
Einstellung Rasterwalze: +20%; Flottenauftrag (gleichmäßig):	ca. 10%

Wenn die Rasterwalze in Warenrichtung gedreht und eine Rakel zum Abstreifen der Rasterwalze vor dem Kontakt mit der Ware angelegt wird, ist der Flottenauftrag von der Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze alleine abhängig und kann entsprechend der Umfangsgeschwindigkeit reproduzierbar gewählt werden. Der Abstand der Rakel von der Rasterwalze (μm) ist nicht zu vernachlässigen, da die Dicke des Flüssigkeitsfilms im direkten Zusammenhang mit der Warengeschwindigkeit, der Umfangsgeschwindigkeit und auch von der Viskosität der Flüssigkeit abhängig ist. Schlecht gereinigte Stellen der Rasterwalze haben anfangs zu deutlich erkennbaren Ungleichmäßigkeiten in der Benetzung der Ware über die Breite geführt. Im Laufe des Betriebes mit Wasser trat ein Selbstreinigungseffekt auf. Die Reinigung der Rasterwalze wurde anfangs händig und ausschließlich mit einer Mischung von Isopropanol und Wasser durchgeführt.

Die Berechnung des theoretischen Flottenauftrages ist über die technischen Parameter der Maschine und über die Eigenschaften der Ware möglich. Die Lineatur der Rasterwalze weist ein Volumen von 20 mL/m² auf. Der Flottenauftrag wird über die Manteloberfläche und den Umfang der Walze berechnet. Bei gleicher Warengeschwindigkeit und Walzenumfangsgeschwindigkeit ergibt sich über die Lineatur eine Mindestflottenaufnahme wie folgt:

Verfügbare Mantelfläche der Rasterwalze (zylindrisch bei max. Arbeitsbreite):	1,38 m ²
Mantelfläche Rasterwalze bei Warenbreite 1.400 mm:	0,88 m ²
Umfang der Rasterwalze: 628 mm; Anzahl Umdrehungen pro 1 Warenmeter:	1,6
Mindest-Auftragsmenge (Wasser) pro 1 Längenmeter Ware bei 20 mL/m ² :	28 g
(Dichte des reinen Wassers: 1,00 g/mL; Rakelabstand zur Rasterwalze: „0“ μm)	
Gewicht Polyestergewebe pro Meter (1,40 m Warenbreite; 110 g/m ²):	154 g
Mindest-Flottenaufnahme (Wasser):	18%

Wenn der Wasserfilm auf der Walzenoberfläche bei einem Abstand der Rakel von der Walzenoberfläche von 50 μm diese Schichtdicke aufweist, so ergibt sich zusätzlich zum Volumen der Lineatur bei 1.400 mm Arbeitsbreite eine Flüssigkeitsmenge von:

Summe Flottenaufnahme (Wasser) Lineatur + Wasserfilm pro Meter Ware:	108 g
Flottenaufnahme (Wasser) dann:	70%

Wenn diese Parameter alleine ausschlaggebend sind, müsste mit zunehmender Differenz zwischen Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze und der Warengeschwindigkeit (positive Relativwerte der Geschwindigkeit der Rasterwalze gegenüber der Warengeschwindigkeit) die relative Flottenaufnahme ebenfalls zunehmen, da mehr Flotte (Wasser) pro Zeiteinheit bzw.

Weg- und Warenlänge an die Ware herangetragen wird. Das Gegenteil ist jedoch der Fall. Es müssen also auch Wareneigenschaften berücksichtigt werden. Das Polyestergewebe wies eine dicht geschlagene Bindung auf; Polyester ist im Allgemeinen hydrophob. Dies zeigt sich besonders dann, wenn die Rakel an die Rasterwalze angelegt wird (Abstand „0“ μm); dann bleibt der Flottenauftrag $< 5\%$ unabhängig von der Differenz der Walzenumfangsgeschwindigkeit zur Warengeschwindigkeit.

Bei gegenläufiger Umdrehungsrichtung der Rasterwalze zur Warenbahnrichtung ist die Spaltbreite zwischen Rasterwalze und Gummiwalze für die Schichtdicke des Wasserfilms auf der Rasterwalzenoberfläche entscheidend. Wenn der Spalt zwischen Raster- und Gummiwalze $270 \mu\text{m}$ beträgt (Eingangseinstellung), wird bei gegenläufiger Umdrehungsrichtung der Rasterwalze zur Warenrichtung und gleicher Geschwindigkeit eine Flottenmenge von $432 \text{ g pro Meter Ware bei } 140 \text{ cm Warenbreite (= Arbeitsbreite)}$ aufgetragen, eine entsprechende Schichtdicke des Wasserfilms auf der Rasterwalzenoberfläche wie die Spaltbreite vorausgesetzt. Flottenaufnahme dann:

280%

Bei einem Mindestabstand von $70 \mu\text{m}$ zwischen Rasterwalze und Gummiwalze beträgt die Flüssigkeitsmenge als Summe aus Oberflächenfilm + Lineaturvolumen:

140 g

und einer Flottenaufnahme (Wasser) des Polyestergewebes von:

90%

Dass die Flottenaufnahme insgesamt höher ist als bei den Versuchen mit gleicher Richtung der Drehrichtung der Rasterwalze und der Warenrichtung, ist darauf zurückzuführen, dass die Friktion zwischen Ware und gegenläufig drehender Rasterwalze sehr viel höher ist als bei gleicher Bewegungsrichtung, aber unterschiedlicher Geschwindigkeit. Die vermutlich hohe Friktion führt schon bei einem Umschlingungswinkel von 40° als kleinster Winkeleinstellung zur Faltenbildung, wenn die Warenspannung auf einem niedrigen Niveau gehalten wird (keine Messung erfolgt). Für leichte Gewebe und insbesondere für Maschenware eignet sich diese Konstellation nicht.

Wenn die Gummiwalze ebenfalls gedreht wird (in der Regel in Gegenrichtung zur Rasterwalzendrehung, Rasterwalze dann gegen die Warenrichtung gedreht), nimmt ihre Oberfläche beim Verlassen des Zwickels einen erkennbaren Flottenfilm (ungleichmäßig) mit, der auf der Rückseite der Gummiwalze auf die Warenbahn abtropft. Für die Gummiwalze ist in diesen Fällen ebenfalls ein Abstreichrakel in 12-Uhr-Stellung erforderlich, damit diese Flottenmenge abgestreift und in den Zwickel zurückgeleitet wird. Jedoch muss dann das Spritzdüsensystem zur Reinigung der Walzen in eine andere Position gebracht werden, was in der engen Ausführung des Versuchsstandes nur eingeschränkt möglich war.

Es erwies sich bei einer negativen Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Warengeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze als förderlich für die Einstellung einer niedrigen Warenspannung und damit insbesondere bei Maschenware für einen faltenfreien Lauf, die Leitwalze an ihrer Oberfläche zu gummieren, um damit die Haftung der Ware zu verbessern bzw. den Grip zu steigern. Zu beachten ist, dass es durch einen ungleichmäßigen Warenlauf auch zu einem ungleichmäßigen Flottenauftrag kommt. Eine weitere Quelle für einen ungleichmäßigen Flottenauftrag stellte die Rakel selbst dar, die aus einem stabilen Balken bestand, in den die Rakel an mehreren Fixpunkten eingeklemmt war. Die Rakel bestand aus einer dünnen PTFE-Platte, die trotz einer passgenauen Anbringung eine leichte Welligkeit aufwies, was in der Schrägstellung zur Rasterwalze zu einem entsprechend wellenartigen Abstand und demzufolge auch wellenartigen Abstreifen des Flottenfilms von der Walzenoberfläche führte.

3.6. Erweiterung der Praxisversuche auf Baumwoll-/Polyester-Maschenwaren und die Anwendung von Hydrophobappreturen

Zur Untersuchung des Einflusses von Wareneigenschaften wurde eine Baumwoll-/Polyester-Maschenware eingesetzt und zunächst nur mit Wasser als Appreturflotte behandelt.

Wareneigenschaften: Gestrick aus 50% CO und 50% PES

Flächengewicht: 196 g/m²

Warenbreite: 140 cm

Warengewicht: 274 g/m

ohne Appretur

gleichbleibende Maschineneinstellungen: Warengeschwindigkeit: 11 m/min

Die Ergebnisse der Versuche, die zunächst nur mit Wasser durchgeführt wurden, um die Maschineneinstellungen zu ermitteln, sind in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Versuche der Benetzung von CO/PES-Strickware mit Wasser bei unterschiedlichen Einstellungen des Versuchsstandes, Warengeschwindigkeit jeweils 11 m/min; alle Flottenaufnahmen wurden jeweils mehrfach bestimmt und gemittelt. Leitwalze bei den Versuchsreihen 3 bis 6 auf unterster Position = 40° Umschlingung; bei Versuchsreihe 7 wurde die Leitwalze auf die oberste Position gestellt = 70° Umschlingung; Füllstandshöhe im Zwickel jeweils 60 mm.

Nummer der Versuchsreihe	Spaltbreite Raster-/Gummiwalze μm	Rakelabstand zu Rasterwalze μm	Gummiwalze (GW)	Rasterwalze (RA) Drehrichtung	Einsatz Rakel auf:	Δ Geschw. Rasterwalze zur Warengeschw.	Flottenaufnahme %
3, 6,	270	0	steht	mit Ware	RA	0%	1
						+10%	10
						+20%	8 - 10
4	270	-	steht	gegen Ware	kein	+10%	136
						+20%	229
5	270	400	steht	mit Ware	RA	+20%	45
						+10%	39
						0%	46
						-10%	Warenstau
7	270	0	steht	mit Ware Umschlingung 70°	RA	+20%	63
						+10%	48
						0%	45
						-10%	39

Im Vergleich zur reinen Polyesterware weist die Baumwoll-/Polyestermischung (als Maschenware) ein wesentlich höheres Saugvermögen auf. Baumwolle ist nach der alkalischen Vorbehandlung und oxidativen Bleiche sehr hydrophil. Wenn durch die Einstellung der Rakel zur Rasterwalze („0“ μm Spalt) kein Oberflächenfilm möglich ist, nimmt die Ware die theoretisch in der Lineatur vorhandene Wassermenge auf, unabhängig von der Geschwindigkeit. Erhöht man den Umschlingungswinkel, so wird das gesamte verfügbare Wasser, das mit der Rasterwalze an die Ware herangetragen wird, aufgenommen.

Anhand dieser Strickware aus 50%CO/50%PES mit 196 g/m² Flächengewicht wurde eine Hydrophobausrüstung mit Fluorcarbonharzen durchgeführt. Die Maschineneinstellungen waren:

- Warengeschwindigkeit: 11 m/min
 Drehrichtung Rasterwalze: mit Ware
 Gummiwalze: steht
 Spaltbreite Gummiwalze-Rasterwalze: 270 µm
 Rakelabstand zur Rasterwalze: 400 µm
 Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze: -10%
- a) 60 g/L Fluorcarbonharz, wässrige Dispersion: Flottenauftrag 45%
 b) 120 g/L Fluorcarbonharz, wässrige Dispersion: Flottenauftrag 49%

Tabelle 5: Eigenschaften einiger für die Versuche eingesetzter Ausrüstungsflotten

	pH	CSB - Konzentration für Gehalt an chemischen Stoffen	Oberflächen- spannung	Viskosität (Brookfield, Spindel 00) 200 rpm
50 g/L Polyurethandispersion	5,9	23.660 mg/L	33 mPas	2,26 mPas
20 g/L Wachsemulsion und Fettsäurekondensationsprodukt	6,1	6.790 mg/L	32 mPas	2,14 mPas
60 g/L Fluorcarbonharzdispersion (FC)	4,0	25.610 mg/L	39 mPas	2,14 mPas
90 g/L Kunstharzlösung (Knitterfrei) mit 30 g/L Metallsalzkatalysator	3,4	65.950 mg/L	31 mPas	2,22 mPas

Die chemische Appretur, die in diesem Fall Fluorcarbonharz als Hydrophobierungsmittel enthält, ist nur wenig mehr viskos als reines Wasser, weist wie alle anderen, im Rahmen des Projektes untersuchten Ausrüstungsflotten eine erheblich niedrigere Oberflächenspannung auf. Dies führt insgesamt jedoch nur zu einer (gering) höheren Flottenaufnahme. Baumwolle ist gegenüber Polyester wesentlich besser netzfähig, da hydrophil.

Im Fall a) war die Benetzung der Strickware mit Appreturflotte gleichmäßig, jedoch für den gewünschten Hydrophobeeffekt nicht ausreichend. Eine Verdoppelung der Konzentration des Hydrophobiermittels in der Appreturflotte erbrachte den erwünschten Effekt, der durch den einseitigen Flottenauftrag auch auf dieser Wareseite vorherrschend war (die Rückseite war nicht hydrophob). Jedoch war die Konzentration zu hoch gewählt („empirischer Ansatz“), wie nachfolgende Kalkulation zeigt.

Im Vergleich zur Foulardapplikation mit 75% Flottenaufnahme betrug die Differenz an dem auf die Ware aufgebrachtem Hydrophobiermittel:

- Foulard-Applikation: 75% Flottenaufnahme; 60 g/L Hydrophobiermittel: 8,8 g/m²
 Rasterwalze: 45% Flottenaufnahme; 60 g/L Hydrophobiermittel: 5,3 g/m²
 Rasterwalze: 49% Flottenaufnahme; 120 g/L Hydrophobiermittel: 11,5 g/m²

Die Verdoppelung der Hydrophobiermittelkonzentration war „unangemessen“; sie war typisch für die verbreitete empirische Herangehensweise, bei der sich am Ende herausgestellt hätte, dass eine Konzentration von < 90 g/L ausreichend ist. Für weitergehende Versuche, etwa für ein Vorgehen mit einer Steigerung der Konzentration in kleineren Schritten, stand jedoch keine

genügend große Warenmenge zur Verfügung. Die durch einen einseitigen Auftrag auf der Ware enthaltenen $5,3 \text{ g/m}^2$ Hydrophobiermittel reichen offensichtlich nicht aus. Bei zukünftigen Rezeptentwicklungen muss berücksichtigt werden, dass ein Teil des Ausrüstungsmittels von der Oberfläche weg in das Innere des textilen Substrates eindringt und damit als Wirkung an der Oberfläche nicht zur Verfügung steht. Die Kapillarität des Textils (Faserart, Garnart, Bindung als offene oder dichte Flächenkonstruktion und andere Eigenschaften) und Eigenschaften der Appreturlösung, insbesondere die Oberflächenspannung sowie die Viskosität müssen als steuernde Größen betrachtet werden. Die Viskosität ist für eine einseitige Ausrüstung durch den Zusatz eines geeigneten Verdickungsmittels erheblich höher einzustellen.

Anmerkung: Die CSB-Konzentration wurde immer mit untersucht und den Rezepten zugeordnet, da es sich um einen Abwasser-Parameter handelt. Ein Liter Restflotte, die beispielsweise als Anhaftung an den Wänden des Chassis über den Reinigungsprozess in das Abwasser gelangt und eine CSB-Konzentration von 10.000 mg/L aufweist, bringt eine Fracht von 10 g CSB mit sich. Bei der Berechnung der Gesamtfracht des Betriebes, die mit dem Abwasser in die öffentliche Kläranlage geleitet wird, sind diese Frachten von der Appretur nicht zu vernachlässigen.

Für eine weitere Versuchsreihe unter Praxisbedingungen wurde die Rakel über der Gummiwalze mit einer Metalleiste verstärkt, sodass die freie Kante der Rakel über der Gummiwalze nur noch etwa 1 cm betrug. Dadurch sollte ein Einziehen der Rakel durch die Gummiwalze bei Fahrt gegen die Warenaufrichtung ausgeschlossen werden und ein sehr geringer Abstand der Rakelkante von der Walzenoberfläche möglich sein.

Es wurden drei unterschiedliche Waren mit zwei verschiedenen Appreturen ausgerüstet:

- Gewebe aus 100% Polyester, hydrophob auszurüsten mit einem Fluorcarbonharz
- Einseitig gerautes Vlies aus 100% Polyester, hydrophob auszurüsten mit einem Fluorcarbonharz
- Maschenware aus 100% Baumwolle, auszurüsten mit einer Wachsemulsion mit Fettsäurekondensationsprodukt

Nach kurzer Versuchsdauer zeigten sowohl die Rakel über der Gummiwalze als auch die Rakel über der Rasterwalze wellenartige Verzüge, die zu einem ungleichmäßigen Abstreifen der Oberflächenflüssigkeit führten. Dies führte zu Längsstreifen auf der Ware. Darüber hinaus sammelten sich in den Wellen der Rakel Flusen, insbesondere von dem einseitig gerauten Vlies (sichtbar, da rot gefärbt), wodurch der gleichmäßige Flottenauftrag erheblich beeinträchtigt wurde. Diese Ablagerungen von Flusen und kurzen Fasern sowie Partikeln war auch auf den Foulardwalzen zu beobachten. Beides ist aus Qualitätssicht nicht zu tolerieren (siehe nachfolgende Abbildung 6.1).

Mit der Baumwollware wurde untersucht, ob ein einseitiger Auftrag des in diesem Fall durchgeführten nass-in-nass-Verfahrens möglich ist. Dazu wurde die Ware durch das mit Wasser gefüllte Foulardchassis geführt und durch den Foulard mit einem Druck von $6,5 \text{ bar}$ über die Warenbreite gleichmäßig entwässert, bevor sie mit der Rasterwalze einseitig ausgerüstet wurde. Für das nass-in-nass-Verfahren erwies sich eine stehende Gummiwalze zusammen mit der sich mit 20 m/Min (40% des Maximalwerts) mit der Ware drehenden Rasterwalze als ideal. Nach dem Foulard wies die Baumwollware einen Feuchtegehalt von 65% auf, der durch die

Applikation der Appreturchemikalien über die Rasterwalze als zusätzlicher Feuchteauftrag von 5% („additiv“) mit dann insgesamt 70% Feuchtegehalt gesteigert wurde. Die Appreturflotte wurde dafür dreifach konzentriert (150 g/L statt 50 g/L Fluorcarbonharz).

Bei dem Polyestergewebe konnte bei stehender Gummiwalze und der Drehung der Rasterwalze in Richtung des Warenlaufes mit einer Geschwindigkeit von 40 m/min (80% des Maximalwerts) bei einer Warengeschwindigkeit von 12 m/min ein Auftrag von 17% erzielt werden.

Bei dem Vlies konnte ebenfalls ein Auftrag von 17% erzielt. Hierbei drehten sich die Gummiwalze mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m/min (1% des Maximalwerts) und die Rasterwalze mit einer Geschwindigkeit von 20 m/min (40% des Maximalwerts) gegen die Ware, welche mit einer Geschwindigkeit von 12 m/min an den Walzen vorbei geführt wurde.

Tabelle 6: *Versuche zur Appretur unterschiedlicher Textilwaren, Leitwalze bei den Versuchsreihen auf unterster Position = 40° Umschlingung; Füllstandshöhe im Zwickel jeweils 60 mm; Eigenschaften der Appreturflotten siehe Tabelle 6; trocken-in-nass = t-i-n; nass-in-nass-Verfahrensweise mit Foulardeinsatz zur Vornetzung mit Wasser = n-i-n; Spaltbreite zwischen Gummi- und Rasterwalze jeweils 300 µm*

Warenart und Ausrüstungsart	Einstellung Gummiwalze (GW)	Einstellung Rasterwalze (RW)	Warengeschwindigkeit m/min	Flottenaufnahme %	Bemerkungen
100% PES-Gewebe 147 g/m ² 120 g/L FC t-i-n	steht	mit Ware 40 m/min +80% mit Rakel	12	17%	gleichmäßiger Auftrag, einige Längsstreifen durch Flusen am Rakel
100% PES-Vliesstoff rot gefärbt einseitig geraut 143 g/m ² 120 g/L FC t-i-n	gegen Ware, 0,5 m/min +1% mit Rakel	gegen Ware 20 m/min +40% mit Rakel	12	17,5%	Flusenstau an Rakel
100% CO-Maschenware 183 g/m ² 75 g/L Polyurethandisp. n-i-n	steht mit Rakel Schaum im Zwickel!	mit Ware 20 m/min +40% mit Rakel	12	5%	Flottenaufnahme Foulard (6,5 bar) 65% Flusenbildung!



6.1: rote Fasern und Flusen als Ablagerung auf den Foulardwalzen



6.2: ungleichmäßiger Rückfluss der Flotte von der welligen Rakel der Gummiwalze



6.3: rote Fasern und Flusen als Ablagerung an der Rakel der Rasterwalze



6.4: Oberflächenbild der ausgerüsteten Ware – ungleichmäßiger Auftrag, kleine „weiße“ schaumartige Stippen

Abbildung 6: Fotografische Abbildungen zu den Beobachtungen an den Walzen des Versuchsstandes und der Vliesstoffware

Die Baumwollmaschenware führte ebenfalls zu erheblichen Flusen- und Partikelablagerungen im Zwickel als auch an den Rakeln, insbesondere an den Stellen der Rakeln, die wellig verformt waren (siehe nachfolgende Abbildung 7: Das Rakelmesser ist rechts neben der grau erscheinenden Rasterwalze zu sehen; deutlich erkennbar sind die wellenartigen Verformungen der Rakel mit jeweils seitlichen Ablagerungen von Fasern: roter Pfeil).

An den Stellen, an denen die Rakel aufgrund der Welligkeit weiter von der Rasterwalze entfernt war, kam es bei der trocken-in-nass-Ausrüstung zu einer stärkeren Benetzung der Warenbahn in Längsrichtung. Der Auftrag der chemischen Appretur erfolgte überwiegend einsei-

tig (wie gewünscht), da die Flottenaufnahme der Ware nur 5% betrug. Bei einer nass-in-nass-Applikation war dieser Effekt wegen der insgesamt höheren Feuchte [insgesamt ca. 70%, mit 65% Feuchte nach dem Foulard zuzüglich 5% additive Feuchte durch den Auftrag der Appreturflotte mittels Rasterwalze (mit der Warenrichtung drehend)] nicht zu erkennen.



7.1: Schaumbildung im Zwickel und Bildung von Flusennestern im Zwickel zwischen Raster- und Gummiwalze (rote Pfeile)



7.2: Streifenbildung in Längsrichtung der Warenbahn aufgrund der Welligkeit der an der Rasterwalze anliegenden Rakel

Abbildung 7: Fotografische Abbildungen zu den Beobachtungen an den Walzen des Versuchsstandes und der Baumwoll-Maschenware

Die Ausrüstungseffekte und die Qualität der veredelten Ware wurden im Labor des Textilbetriebes bewertet und zu den nach Standardverfahren mit dem Foulard ausgerüsteten Waren verglichen. Das hydrophob ausgerüstete Polyestergewebe erzielte im Test zur Bestimmung der öl- und wasserabweisenden Wirkung lediglich die Note 3 (gefordert mindestens 5). Das PolyesterVLies erzielte trotz der starken Flusenbildung und der damit einhergehenden Probleme beim Auftrag eines gleichmäßigen Flottenauftrags die Note 6 und kann damit sogar im anspruchsvollen Bereich der Arbeitsbekleidung eingesetzt werden. Im Unterschied zum Foulard, der auch starke Ablagerungen von Flusen aufwies, sind Flusen und Faserpartikel für die Rasterwalze „Gift“. Wenn diese in die Lineatur eindringen und dort „anbacken“ (durch klebrige Appreturmittel fest anhaften und möglicherweise antrocknen), sind sie nur noch mit großem Aufwand zu entfernen. Ein sofortiges Reinigen am Ende einer Partie mit Wasser ist immer notwendig. Dieser Reinigungsprozess muss sofort einsetzen, wenn das Warenende das Zusatzaggregat verlassen hat. Bei hartnäckigen Verschmutzungen der Rasterwalze ist die Reinigung mit einem Hochdruckreiniger notwendig, gegebenenfalls mit einem Dampfstrahler. Eine derartig aufwändige Reinigung ist jedoch nur bei Maschinenstillstand möglich.

Die mit einem Antipilling ausgerüstete Baumwollmaschenware zeigte gegenüber der Tauchapplikation mit dem Foulard ebenfalls eine Verbesserung, die sich jedoch nicht quantifizieren ließ. Bei diesem Versuch wurden jedoch die Vorteile des Zusatzaggregates deutlich: Anstelle der vorher üblichen Verfahrensweise einer trocken-in-nass-Ausrüstung, das heißt, dass die Ware vor der Appretur getrocknet und dann im Tauchverfahren mit der Appreturflotte getränkt

wurde, erfolgte die Trocknung und Appretierung nun in einem Schritt. Beide Verfahrensweisen sind in der nachfolgenden Tabelle 7 grob zusammenfassend berechnet.

Tabelle 7: Vergleich einer Antipillingausrüstung von Baumwollmaschenware für eine Foulard-Ausrüstung in zwei Schritten mit trocken-in-nass-Produktauftrag (t-i-n) und den additiven Minimalauftrag mittels Zusatzaggregat am Entwässerungsfoulard nach dem nass-in-nass-Verfahren (n-i-n); Warengeschwindigkeit jeweils 12 m/min; Warenstrom entsprechend $0,183 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,4 \text{ m Breite} \cdot 12 \text{ m/min} = 3,1 \text{ kg/min}$; spez. Wärme Wasser $c_W = 4,2 \text{ kJ/kgK}$; Verdampfungsenthalpie $H_W = 2.260 \text{ kJ/kg}$; spez. Wärme Luft $c_L = 1,0 \text{ kJ/kgK}$; Umgebungstemperatur: 20°C

Parameter und spezifische Ergebnisse	Zwei-Schritt-Verfahren mit t-i-n-Auftrag	Additiver Minimalauftrag n-i-n-Verfahren
Hochdruckentwässerung (Foulard) Restfeuchte %	65	65
Trocken-in-nass-Auftrag (Foulard, 2. Passage), Feuchte %	70	
Flottenauftrag Zusatzaggregat, additiv, nass-in-nass %		5
Gesamtfeuchte %	135	70
Konzentration Appreturmittel (Handelsprodukt) g/L	20	75
Auf die Ware aufgetragene Appreturmittelmenge g/m^2	2,6	0,7
Differenz Appreturmittelmenge (-Wert = Einsparung) g/m^2	(Bezug)	- 1,9
Wärmemenge zur Wasserverdampfung kWh/m^2	0,18	0,09
Wärmemenge für Prozessluft Spannmaschine (20 m^3/kg Ware = 3,69 m^3/m^2 ; Temp. Prozessluft: 150°C) kWh/m^2	2 Passagen 0,26	1 Passage 0,13
Gesamtwärmemenge (Wirkungsgrad $\mu = 0,7$) kWh/m^2	0,63	0,31
Differenz Wärmeenergie (-Wert = Einsparung) kWh/m^2	(Bezug)	- 0,22

Dadurch, dass bei dem additiven Minimalauftrag (nass-in-nass-Verfahren) keine Zwischentrocknung erforderlich ist, wird ca. die Hälfte der zur Verdampfung des Wassers und zur Erwärmung der Prozessluft erforderlichen Wärmeenergie sowie in erheblichem Maße auch Prozesszeit eingespart. Bei vergleichbarem Ausrüstungseffekt ist auch die Einsparung an Appreturmittel (- 73%) erheblich, da der auf eine Wareenseite begrenzte Antipillingeffekt qualitativ akzeptiert ist. Ein weiterer, hier nicht weiter betrachteter Vorteil besteht darin, dass durch den sehr viel geringeren Auftrag von hydrophobem Polyurethan die Saugfähigkeit der Baumwolle entsprechend weniger eingeschränkt ist, was dem Tragekomfort entgegenkommt.

3.7. Austausch der Gummiwalze gegen ein Rakelsystem zur Zwickelbildung

Da es sich aufgrund der umfangreichen Versuche als einzig brauchbare Einstellung erwiesen hatte, die Gummiwalze nicht zu drehen, lag es nahe, die Gummiwalze durch ein einfacheres statisches System auszutauschen. Gegen Ende des Projektes wurde daher noch ein Umbau des Zusatzaggregates vorgenommen. Anstelle der Gummiwalze wurde eine Rakel so eingerichtet, dass zwischen dieser und der Rasterwalze ein Flottenvorrat gebildet werden konnte. Nachstehende Abbildung 8 zeigt grob schematisiert die vorgenommenen Änderungen (Rakel 2 anstelle Gummiwalze, Leitwalze „oben“ in Betrieb) und die daraus resultierenden Einstellmöglichkeiten.

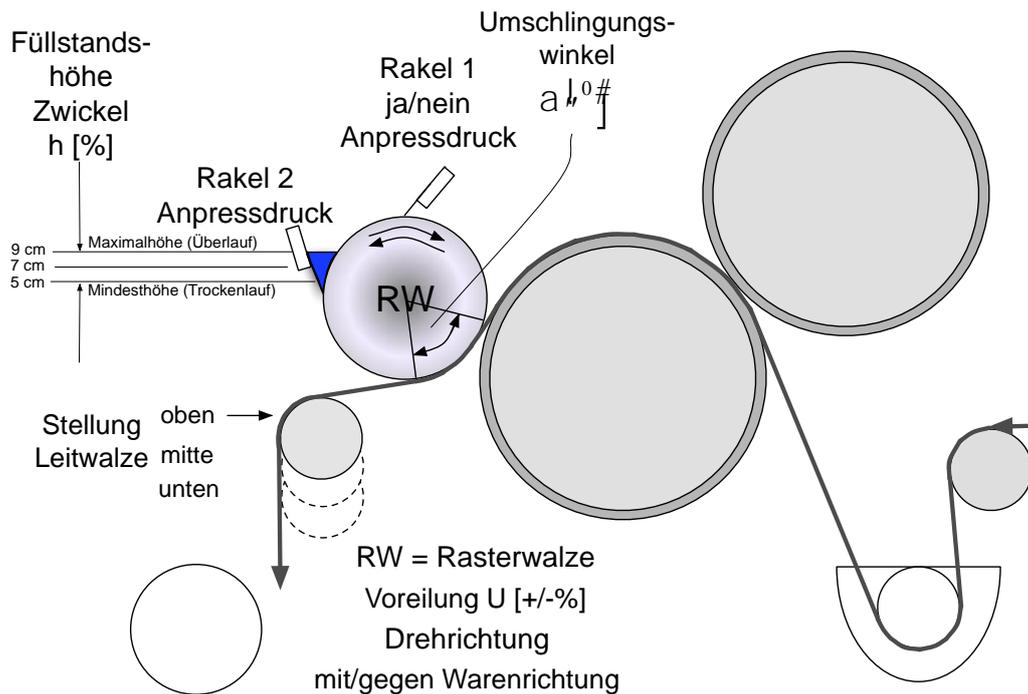


Abbildung 8: Geänderte Einrichtung des Zusatzaggregates: Anstelle der Gummiwalze ist ein Rakelkasten zur Bildung des Flottenvorrates eingerichtet. Einstellmöglichkeiten des Versuchsstandes des Zusatzaggregates: Füllstandshöhe h , Anpressdruck Rakel 2 an Rasterwalze Umfangsgeschwindigkeit (und Drehrichtung) der Rasterwalze; Stellung der Leitwalze auf oberem Niveau mit Umschlingungswinkel 70° ; Rakel 1 immer angelegt.

Die Versuche zur Untersuchung der Eignung des Rakelkastens für die Bildung eines Flottenvorrates (das System wird in der Beschichtung mit hoch viskosen Pasten mit Erfolg eingesetzt) wurden mit 100%-Polyesterware und Wasser vorgenommen. Die Geschwindigkeit der Ware, gemessen an der angetriebenen Foulard-(Leit-)walze, und – zum Vergleich – die Geschwindigkeitseinstellung der Spanmaschine wurden auf 15 m/min eingestellt und nicht geändert. Die Drehrichtung der Rasterwalze war immer gegen die Warenrichtung eingestellt und wurde nicht verändert. Rakel 2 lag an der Rasterwalze mit einem Anpressdruck von 4,5 bar an. Die Seitenabdichtung des Rakelkastens war auf die Arbeitsbreite = Breite der Textilbahn anzulegen.

Variiert wurden:

- die Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze
- die Höhe des Zwickels = Flottenvorrat zwischen Raster- und Gummiwalze
- der Anpressdruck der Rakeln 1 und 2 an die Rasterwalze

Das sich zwischen Rakel 2 und Rasterwalze einstellende Flottenvolumen konnte in Abhängigkeit von der Füllstandshöhe eingestellt werden. Der Zusammenhang ist in der nachfolgenden Tabelle 8 aufgezeigt. Bei 9 cm Füllstandshöhe betrug die Breite des Zwickels an der Oberfläche 15 cm.

Tabelle 8: Zusammenhang zwischen Füllstandshöhe und Flüssigkeitsvolumen im Zwickel zwischen Rakel 2 und Rasterwalze bei einer Länge des Rakelkastens entsprechend der Arbeitsbreite = Breite der Textilwarenbahn mit 1.400 mm

Arbeitsbreite/cm	berechnetes Volumen im Zwickel bei Füllstandshöhe ...		
	5 cm	7 cm	9 cm
140	3,5 L	6 L	9,5 L
200	4,5 L	8,5 L	14 L
220 (max.)	9 L	9,5 L	15,5 L

Es wurde 100% Polyesterware (dunkelblau gefärbt), ohne Appretur, eingesetzt.

Flächengewicht: 146 g/m²

Warenbreite: 140 cm

Warengeschwindigkeit (Spannrahmen): 15 m/min

Warenstrom: 3,1 kg/min

Die Warenbahn wurde über die obere Leitwalze geführt. Dadurch ergab sich ein Umschlingungswinkel von 70°.

Es wurden 6 Versuche durchgeführt, die in der Tabelle 9 zusammengefasst sind. Nach der Hälfte der Versuche wurde die jeweils getrocknete Ware wieder vorgelegt. Beim zweiten Durchlauf (Versuche 4 bis 6) war eine geringere Benetzbarkeit der Polyesterware zu beobachten, für die keine Erklärung gefunden werden konnte (übertrocknete Ware?). Die Versuche sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 9: Zusammenfassung der Ergebnisse der Versuche mit einem Rakelsystem (Rakel 2) zur Bildung eines Flottenvorrates als Zwickel mit der Rasterwalze; Drehung der Rasterwalze gegenläufig zur Warenbahnrichtung; 100% Polyesterwebware, gefärbt; Warengeschwindigkeit 15 m/min.

Nr.	Anpressdruck		Voreilung Rasterwalze	Füllstandshöhe Zwickel	Flotten- aufnahme
	Rakel 1	Rakel 2			
1	3,8 bar	4,5 bar	40%	minimal (< 5 cm)	7,5%
2	2,0 bar	4,5 bar	40%	7 cm	11 %
3	ohne	4,5 bar	20%	7 cm	35%
4	1,2 bar	4,5 bar	20%	7 cm	„< 1%“
5	1,2 bar	4,5 bar	66%	7 cm	11%
6	1,2 bar	4,5 bar	10%	7 cm	12,5%

Beim Wegklappen der Rakel 1 („ohne Anpressdruck“; Versuch 3) bildete sich auf der Rasterwalze ein gleichmäßiger Wasserfilm, der bei zu langsamer Umfangsgeschwindigkeit stellenweise abbriss.

Prinzipiell ist ein Rakelsystem zur Zwickelbildung an der Rasterwalze auch für dünnflüssige Appreturflotten geeignet, um Minimalaufträge zu erzielen.

Es war auch möglich, das Flottenreservoir (Wasser) im Zwickel am Ende eines Versuches gegen „0 Liter“ zu fahren. Bei einer Flottenaufnahme von ca. 12% (Versuche 2, 5 und 6) betrug der Flottenverbrauch ca. 400 mL/min. Das Reservoir von 6 L (Füllstandshöhe 7 cm bei 140 cm Arbeitsbreite) hätte demnach für eine Versuchsdauer von 15 Minuten gereicht; wegen

des beträchtlichen Flottenverlustes durch Undichtigkeiten lag die Zeit allerdings bei nur 4 Minuten.

Folgende Begleiterscheinungen des Rakelsystems in der eingebauten Weise waren störend:

- Die den Zwickel an beiden Seiten begrenzenden Abdichtungen aus jeweils einer Kunststoffplatte und einem Vliesstoff waren nicht ausreichend. Durch das Anpressen der Seitenabdichtungen an Rasterwalze und Rakel kam es insbesondere an der Rakel zu Undichtigkeiten, wodurch viel Wasser verloren ging.
- Die Kunststoffblätter (PTFE) der Rakeln waren über die gesamte Länge wellig. Dadurch kam es an der Rakel 1 zu einer Streifenbildung im Flottenauftrag, sichtbar bei einem Flottenauftrag > 11%. Bei der Rakel 2 führte die Welligkeit zu einem partiellen Durchlassen von Flotte (Wasser) durch den „ungleichmäßigen“ Spalt mit der Rasterwalze, die in einer darunter angebrachten Wanne (in der Zeichnung nicht sichtbar) aufgefangen wurde, was jedoch einen (erheblichen) Verlust darstellte! Außerdem wurden Flusen nur stellenweise festgehalten (ein Grund, weswegen diese Rakel 2 anstelle der statisch eingesetzten Gummiwalze eingerichtet wurde). Da das Rakelblatt aus PTFE-Kunststoff war, kam es zu einem ungleichmäßigen Abtrag der Rakel durch die Rasterwalze, was den Welligkeitseffekt verstärkte (die Rasterwalze verhält sich wie ein Schleifmittel! Abrieb führt zu Verstopfungen der Lineatur!).

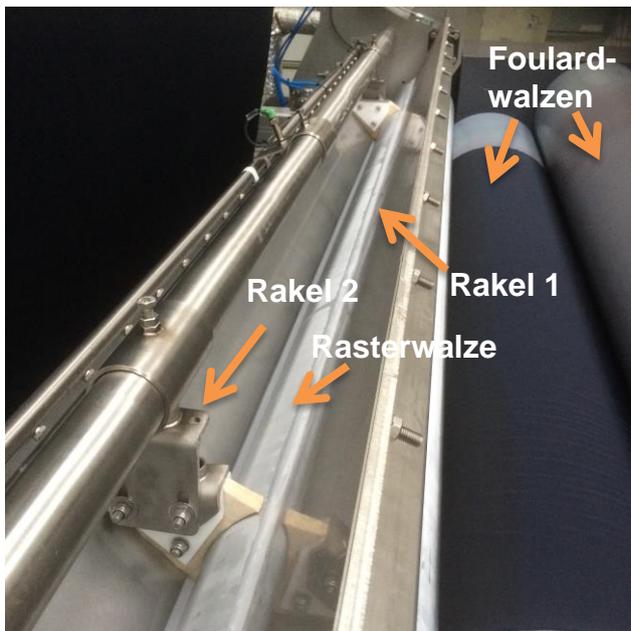


Abbildung 9: Fotografische Darstellung des Zwickels zwischen der anstelle der Gummiwalze eingesetzten Rakel 2 und den seitlichen Abdichtungen; Rakelkasten zur Bildung des Flottenvorrates zwischen Rasterwalze und Rakel 2 sowie den seitlichen Abdichtungen; Rasterwalze zum Teil verdeckt durch Rakel 1; rechts sichtbar Foulardwalzen; über der unteren Foulardwalze (benachbart zur Rasterwalze) liegt die blau gefärbte Warenbahn.

Die neue Rakel 2 ist ein Ersatz für die Gummiwalze. Durch die Spaltbreite der Rakel zur Rasterwalze kann bei gegenläufiger Richtung der Rasterwalzenumdrehung zur Warenrichtung ein definierter Einfluss genommen werden auf die Flottenaufnahme, das Abstreifen von Flusen und die Gleichmäßigkeit des Flüssigkeitsfilms auf der Rasterwalze. Kunststoffblätter (hier PTFE) als Rakelmesser sind nicht geeignet, da es zu einem (ungleichmäßigen) Abrieb durch die Berührung mit der Rasterwalze kommen kann. Die Berührung des Rakelmessers mit der Rasterwalze muss verhindert werden, gleichzeitig muss eine minimale Spaltbreite einzustellen

sein, da ansonsten wässrige Appreturlösungen durch einen zu großen Spalt ungehindert austreten können. Auch die bisher gewählte Seitenabdichtung des Zwickels muss vom Material her überdacht werden. Die darauf aufbauenden materialmäßigen und konstruktiven Veränderungen am Zusatzaggregat konnten während der Laufzeit des Projektes nicht mehr abschließend bearbeitet werden.

4. Ressourceneffizienz und Umweltentlastungspotenzial

Das Umweltentlastungspotenzial soll an Beispielen aus der Praxis der Textilveredlung dargestellt werden, die die unterschiedlichen Anforderungen an ein Zusatzaggregat zum Appreturfoulard erklären.

Ein Praxisbeispiel, das im Rahmen einer Potenzialanalyse zur Materialeffizienz untersucht wurde, soll diesen Zusammenhang verdeutlichen. Es handelt sich um einen Hersteller von Technischen Textilien, der überwiegend gewaschene Ware aus Polyester appretiert. Hierfür wird die in einer kontinuierlich geführten Waschmaschine entschlichtete und gewaschene Webware in einem ersten Foulard gleichmäßig entwässert (55% Restfeuchtegehalt) und im nachfolgenden zweiten Foulard mit verschiedenen Appreturmitteln additiv beaufschlagt (+ 20% Feuchtaufnahme; nass-in-nass-Appreturverfahren). Von der am Ende der Appreturaufträge in Chassis und Ansatzbehälter übrig bleibenden Flottenmenge (durchschnittlich 80 L/Auftrag) kann der größere Teil wiederverwendet werden. Hierfür wird der Flottenrest (Chassis und Ansatzbehälter) in einen Lagerbehälter umgepumpt und bei einem nächsten gleichen (ähnlichen) Auftrag wieder eingesetzt. Da es sich überwiegend um größere Partien (> 4.000 m/Auftrag) handelt, beträgt die wiederzuverwendende Restflotte < 20% eines neuen Appreturflottenansatzes. Die Haltbarkeit der Appreturflottenreste ist für diesen Zeitraum sichergestellt. Die durchschnittlichen Kosten für Appreturflotten betragen wegen der darin enthaltenen, zum Teil hochwertigen Chemikalien bis 1,20 €/L. 80 L Restflotte entsprechen also einem Wert von ca. 96 €. Bei jedem Wechsel der Appretur müssen das entleerte Chassis und der Ansatzbehälter gereinigt werden. Hierzu wird Frischwasser verwendet, das mit Hilfe eines Wasserschlauches auf die Aggregate gespritzt wird, bis ein – subjektiv – sauberer Zustand erreicht ist. Die Spülwassermenge zum Reinigen des Troges und auch der Foulardwalzen kann bis 70 L Umfang (und mehr) annehmen und wird als Abwasser entsorgt. Bei durchschnittlich 3,5 Wechseln der Appreturen pro Tag, wovon die Hälfte der Restflotten der direkten Wiederverwendung zugeführt werden kann, und 240 Arbeitstagen/Jahr beträgt die Verlustmenge:

Ca. 80 L/Flottenrest x durchschnittlich 1,75 Wechsel/Tag x 240 Tage/Jahr:	50.000 L/a
Kosten für darin enthaltene, verlorene Appreturhilfsmittel bei 1,20 €/L:	60.000 €/a
Kosten für Bereitstellung von 50 m ³ /a Wasser für Appreturflotten (2,11 €/m ³)	129 €/a
Wassermenge für die Reinigung 70 L x 3,5 Reinigungen/Tag x 240 Tage/Jahr	61 m ³ /a
Einzusparende Wassermenge bei optimiertem Spülsystem:	ca. 48 m ³ /a
Kosten für einzusparende Wassermenge (48 m ³ /a x 2,11 €/m ³):	101 €/a
Einzusparende Abwassergebühren (61 x 3,14 €/m ³):	192 €/a
Zu entsorgende Menge Appreturrestflotten:	50 t/a
Entsorgungskosten für ca. 50 t/a (bisher 220 €/t):	11.000 €/a
Zukünftig zu entsorgende Restflotten:	keine
Zukünftig zu entsorgende Spülwassermenge (statt Abwasser):	13 t/a
Kosten für zukünftig zu entsorgende Spülwässer (13 t/a x 220 €/t)	2.860 €/a
einzusparende Gesamtkosten pro Jahr:	68.562 €/a

Die Hälfte der Appreturflottenreste aus Foulardchassis und Ansatzbehälter kann nicht wiederverwendet und muss deswegen entsorgt werden. Ca. 50 t flüssige Abfälle entstehen auf diese Weise pro Jahr. Bei der Reinigung des Troges und des Foulards entstehen ca. 60 m³/Jahr Spülwasser, das als Abwasser abgeleitet wird und wofür eine gleiche Menge Frischwasser verbraucht wird. Das Ziel muss darin bestehen, die Verluste an Appreturflotte möglichst zu vermeiden und den Spülwasserverbrauch auf das Nötigste zu beschränken.

Das Foulardsystem lässt sich hinsichtlich einer Verminderung der Flottenreste und auch der Spülwassermenge optimieren. Damit gelingt jedoch nur eine Reduktion der Restflotten. Restflotten stellen, wie am vorangegangenen Beispiel erläutert, immer einen erheblichen Verlust an Chemikalien und damit verbundenem Geldwert dar. Eine händische Reinigung des Systems (Wasserschlauch!), wie sie derzeit üblich ist, ist mit einem großen Frischwasserverbrauch verbunden. Das ist ineffektiv. Abhilfe kann nur ein völlig neu konzipiertes System erbringen, das einen präzise auf die Warenmenge abgestimmten Verbrauch der Appreturflotte ermöglicht, und das am Ende des Appreturauftrages eine optimale und schnelle Systemreinigung vorsieht. Das spart Wasser und auch Zeit, die bei einem Appreturwechsel mindestens 15 Minuten, oft aber viel mehr beträgt. Diese Verlustkosten (Personal, Energie der weiter beheizten Spannmaschine etc.) sind in der oben angeführten Rechnung nicht enthalten [Marzinkowski (2013)].

Bei den Praxisversuchen im Rahmen des Projektes wurde eine einseitige Hydrophobausrüstung eines Polyestertextils mit einem Fluorcarbonharz untersucht. Fluorcarbonharze sind, wenn sie in die Umwelt gelangen, hydrolysierbar, jedoch bleibt die dabei freigesetzte perfluorierte Kohlenstoffkette als Carbonsäure über sehr lange Zeiträume stabil („Persistenz“). Der Eintrag in die Umwelt sollte daher auf das geringstmögliche Maß begrenzt werden. Dies ist einerseits eine Aufgabe der chemischen Appretur, bei der die im Foulardchassis zurückbleibenden Flottenreste, meist 15 bis 30 L Flottenvolumen, zu entsorgen sind. Die Restanhaftungen an den Innenwänden des Chassis werden mit Wasser abgespült und sollen als erstes Spülwasser ebenfalls entsorgt werden, sodass die dann noch beim zweiten Spülen des Chassis in das Abwasser gelangende Fluorcarbonharzmenge als „sehr gering“ bzw. „nicht umweltrelevant“ einzustufen ist. Diese Praxis führt zu einer zu entsorgenden Abfallmenge von insgesamt ca. 100 L (= kg), die der Verbrennung zuzuführen sind. Hierbei muss eine Temperatur > 1.100°C gewährleistet sein, um eine vollständige Mineralisierung (Flusssäure, die mit Kalkmilch zu Schwerspat in eine schwer lösliche, mineralische Form überführt wird) zu erreichen. Bei diesem Entsorgungsprozess wird überwiegend Wasser „verbrannt“ (> 95% des Abfalls aus Restflotte und Spülwasser), was mit einem entsprechenden Energiebedarf und mit CO₂-Emissionen verbunden ist. Der Heizwert des dabei verbrannten Fluorcarbonharzes kann vernachlässigt werden!

Dies soll am oben beschriebenen Beispiel der Hydrophobausrüstung eines 50%-Baumwoll/50%-Polyester-Artikels mit einem Fluorcarbonharz näher erläutert werden. Mit der Rasterwalzen-Minimalauftragstechnik war bei einem einseitigen Auftrag der Appreturflotte keine Einsparung an Fluorcarbonharz zu erkennen gewesen, um auf der rechten Wareenseite die geforderte Qualität der Hydrophobierung zu erreichen.

Anwendungskonzentration Fluorcarbonharz (Handelsprodukt):	60 g/L
Auftragsmenge Fluorcarbonharz (Handelsprodukt) auf Textil:	ca. 9 g/m ²
Restflotte Foulardchassis am Ende des Auftrages:	20 L
Spülwassermenge zur Reinigung des Chassis (1. Spülung):	80 L

Gesamtmenge zu entsorgende Appreturflotte und Spülwasser:	100 L
Feststoffgehalt (40%ige Dispersion des Fluorcarbonharzes):	0,24 g/L
Wassergehalt des Abfalls:	> 99 %
Energie zur Verdampfung von 100 L Wasser:	100 kWh
CO ₂ -Emissionen	3,33 kg CO ₂
(ausschließlich von Erdgas; 10 kWh/1 m ³ , Gemis: 0,333 kg CO ₂ /m ³)	

Restflotten und Spülwässer, die keine Fluorcarbonverbindungen enthalten, werden üblicherweise durch den Entsorgungsfachbetrieb über chemisch-physikalische Verfahren aufbereitet und dabei weitgehend entwässert. Das dabei anfallende Abwasser enthält die Reste der Fällungs- und Flockungsmittel sowie die nicht ausgefällten/geflockten Stoffe und wird vom Entsorger gemäß der örtlichen Abwassersatzung der biologischen Abwasserreinigung übergeben. Die Schlämme werden bei überwiegend organischem Anteil zunächst durch Verbrennung eingengt und als mineralisches Material dann der Deponie übergeben. Enthalten Restflotten und Spülwässer Fluorcarbonverbindungen, ist eine Verbrennung der Abfälle aus oben genannten Gründen vorzuziehen!

Dieser Aufwand zur Beseitigung von unverbrauchten chemischen Appreturmitteln, die damit verbundenen Kosten und der Geldwert der Chemikalien stellen die Motivation dar, das Verfahren der Applikation der Appreturmittel hinsichtlich einer Vermeidung von Resten und eine Minimierung der in das Abwasser gelangenden Stoffe zu verbessern.

Das dritte Beispiel entstammt ebenfalls den Praxisversuchen dieses Projektes und betrifft die Applikation einer Polyurethandispersion auf einer 100%-Baumwollmaschenware. Bei dem Standardverfahren der Foulardapplikation werden 2,6 g des Handelsproduktes durch eine Tauchapplikation auf 1 m² der Maschenware gleichmäßig verteilt. Einen qualitativ vergleichbaren Ausrüstungseffekt erhält man über einen einseitigen Auftrag durch eine nass-in-nass-Applikation, jedoch ist die dafür notwendige Menge an Appreturmittel mit 0,7 g/m² erheblich niedriger (siehe Tabelle 7). Hier ist ein direktes Einsparpotenzial an hochwertigen chemischen Stoffen gegeben. Bei einem Preis von 4,50 €/kg Handelsprodukt der Polyurethandispersion beträgt die Einsparung pro Quadratmeter Maschenware 0,85 Cent. Bei einer Partielänge von 500 m und einer Warenbreite von 140 cm beträgt die Einsparung an Chemikalien mit einer Menge von 1,33 kg und Kosten von 5,95 € sowie an nicht benötigtem Erdgas mit einer Menge von 15,4 m³ bzw. einer Wärmeenergie von 154 kWh und die entsprechend geringeren CO₂-Emissionen von 5,1 kg (alle Werte bezogen auf eine 500-m-Partie und eine Warenbreite von 140 cm). Eine vorsichtige Schätzung auf die Jahres-Einsparungen geht von 3 derartigen Partien pro Tag, 5 Tagen in der Woche und 50 Wochen im Jahr aus: Die Wärmeenergieeinsparung ist dann 115 MWh/a, die der CO₂-Emissionen 3.800 kg CO₂/a.

Auf unterschiedliche Weise wird so verdeutlicht, dass nicht nur hohe Kosteneinsparungen im Bereich der chemischen Ausrüstung (50.000 bis 75.000 € pro Spannmaschine bei einschichtigem Betrieb) eine Motivation zur Einführung des Minimalauftragsverfahrens mit der Vermeidung von Restflotten sind. Höher zu bewerten ist der Verlust an wertvollen chemischen Ressourcen, da die als Abfall entsorgten Restflotten unverbrauchte Chemikalien enthalten. Je nach Art der auszurüstenden Textilien und der Häufigkeit dieser Prozesse liegen alleine die Verluste, die mit der Entsorgung der Restflotten verbunden sind, im Bereich von 5 bis 15 t/a an Appreturchemikalien mit einem Wert von 50 bis 75.000 €/a (pro Spannmaschine).

An eine innovative Auftragstechnik wird aber nicht nur die Anforderung gestellt, Restflotten zu vermeiden. Es soll auch möglich sein, den Chemikalienauftrag auf die Wareseite zu beschränken, die die Ausrüstungseffekte aufweisen soll. Damit könnte nach einer Einschätzung von zwei im Rahmen von Beratungsprojekten zur Ressourceneffizienzsteigerung untersuchten Unternehmen sowie der Ergebnisse beim Praxiseinsatz des in diesem Projekt eingesetzten Versuchsstandes zusätzlich mindestens ein Drittel der Appreturchemikalien eingespart werden (Fall E: ca. 70 t/a mit 115.000 €/a; Fall D: ca. 150 t/a mit 390.000 €/a). Damit ergibt sich ein guter finanzieller Spielraum für die Anschaffung eines Systems, mit dem nicht nur ein gezielter Minimalauftrag möglich ist, sondern auch eine exakte Zudosierung (automatisiert) der Chemikalien vorgenommen werden kann und eine Qualitätssteigerung sowie die Einführung neuer Artikel mit neuen Marktchancen möglich erscheint.

Das Zusatzaggregat zum Foulard muss jedoch auch über ein speziell auf eine schnelle und intensive Reinigung mit geringstmöglichem Wasserverbrauch eingestellte Technik verfügen. Damit soll der Wasserverbrauch zum Reinigen auf wenige Liter Wasser begrenzt werden, die günstigerweise auf wenigen Metern Zwischenläuferware deponiert und im nachfolgenden Trocknungsprozess verdampft werden. Die geringen, damit auf den textilen Zwischenläufer aufgetragenen Chemikalien werden einen vernachlässigbaren Einfluss ausüben, sodass der Zwischenläufer mehrfach wiederverwendet werden kann. Das Reinigungssystem muss automatisiert sein, damit die Zeit zur Reinigung ebenso auf ein Mindestmaß eingestellt werden kann. Es wird angenommen, dass die Reinigungszeit weniger als 2 Minuten in Anspruch nehmen wird. Mit einer Neueinstellung der Anlage für einen nächsten Auftrag wird daher eine Zeit kleiner 5 Minuten zu erwarten sein. Gegenüber der bisher durchschnittlich notwendigen Zeit bei einem Partiewechsel von mehr als 15 Minuten ist diese Zeitersparnis ein weiterer Vorteil des Zusatzaggregates, der auch ökologisch vorteilhaft ist, da der Trockner während des Partiewechsels auf der vorgesehenen Prozesstemperatur verharrt, was mit einem entsprechenden Energieverbrauch verbunden ist. Nicht berücksichtigt sind bei dieser Überlegung die Qualitätsverluste der Ware, wenn diese im Spannmaschinensystem während des Produktwechsels verbleibt (Übertrocknung). In der Regel wird daher die Ware für den Produktwechsel aus der Spannmaschine herausgefahren. Der Anfang der nächsten Partie muss dann jedoch wieder zeitaufwändig in die Spannkette eingelegt werden.

Bei einem Minimalauftrag von Appreturflotten ist die beim nachfolgenden Trocknungsprozess zu verdampfende Wassermenge deutlich reduziert. Die damit verbundene Energieeinsparung beträgt bis zu 20% der beim Trocknungsprozess verbrauchten Wärmeenergie (meist Erdgas). Außerdem kann mit der Reduzierung der Chemikalienmenge auf die für den Veredlungseffekt nötige Menge die Schadstofffracht reduziert werden, die mit der Abluft während der Trocknung und Fixierung in die Umwelt geleitet wird.

Durchschnittlich werden durch die eingesparte Feuchtigkeitsmenge beim Flottenauftrag auf die Ware pro Jahr 46.400 kWh Erdgas, entsprechend 10,8 t CO₂/a (232 g CO₂/kWh [Quelle Gemis]) und 160 Arbeitsstunden eingespart (Bezug: 1 Spannrahmen, einschichtig für die chemische Appretur mit zwei Partiewechseln/Schicht eingesetzt, 240 Arbeitstage/Jahr, Zeitgewinn: 40 Minuten/Schicht, 8.000 m_N³/h bei 150°C). In Deutschland besteht ein Potenzial von mindestens 40 Spannmaschinen, die für ein solches System geeignet erscheinen. Das beim Veredlungsbetrieb bestehende Einsparpotenzial an Energie und CO₂-Emissionen ist entsprechend hoch (Anzahl der Betriebe mit mindestens einer Spannmaschine: Unternehmen der Textil- und Bekleidungsveredlung in 2013: 104; Unternehmen der Herstellung Technischer Textilien in 2013: 122 [textil+mode]).

5. Fazit

Mehrere Ziele wurden mit diesem Vorhaben verfolgt, die zusammen genommen den Nachweis erbracht haben, dass die Rasterwalzentechnik für den reststofffreien Minimalauftrag von wässrigen Appreturflotten geeignet ist.

Das Problem einer möglichen Walzendurchbiegung der Raster- und auch der für den Zwickel zunächst als notwendig erachteten gummierten Walze konnte durch konstruktive Maßnahmen gelöst werden. Es war technisch möglich, einen über die Breite gleichmäßigen Spalt im Mikrometermaßstab (ca. 270 bis 300 μm) zwischen den beiden Walzen einzustellen und damit einen definierten Produktauftrag über die Rasterwalze zu realisieren.

Bei der Anordnung von zwei Walzen, der Rasterwalze und der gummierten Walze, die für den Versuchsstand ausgewählt wurden, zeigte sich im Laufe der Versuche, die für die Grundeinstellungen an einer vom Textilbetrieb zur Verfügung gestellten Polyesterwebware zunächst nur mit Wasser als Appreturmittel durchgeführt wurden, dass die gummierte Walze nur statisch (als stehende „Walzenrakel“) mit Erfolg eingesetzt werden. Reproduzierbare Ergebnisse für einen definierten Flottenauftrag wurden nur dann erhalten, wenn nur die Rasterwalze mit der oder gegen die Warenrichtung gedreht wurde. Entscheidend für die Höhe des Flottenauftrages war eine in 12-Uhr-Stellung auf der Rasterwalze angeordnete Messerrakel, die den Oberflächenfilm auf der Rasterwalze bei gleichgerichteter Umdrehungsrichtung der Rasterwalze mit der Warenrichtung begrenzte. Damit war ausschließlich die Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze im Verhältnis zur Warengeschwindigkeit ausschlaggebend für die Flottenauftragsmenge. Entgegen der Erwartung war bei Polyesterwaren dieses Verhältnis umgekehrt proportional: Je größer die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Rasterwalze und Ware war, desto geringer war die Flottenaufnahme (Aquaplaningeffekt). Auf eine Flottenaufnahme bis 10% (Minimalauftrag) konnte der Auftrag der wässrigen Appreturflotte auf trockene Polyesterware eingestellt werden. Bei einer 100%-Baumwoll-Maschenware war der Einfluss der Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze geringer und der Flottenauftrag konnte nur bis 45% abgesenkt werden. Jedoch wurde im „nass-in-nass-Verfahren“ eine Differenzfeuchte von nur 5% zwischen der mit dem Foulard auf 65% Feuchtegehalt entwässerten Baumwollware und der mit der Rasterwalze als Minimalauftrag zusätzlich aufgetragenen Appretur erreicht. Die mit diesen variablen, artikelbezogenen Einstellungen einhergehenden Einsparungen an Appreturchemikalien, Verlusten, Trocknungsenergie und CO_2 -Emissionen wurden beispielhaft nachgewiesen.

Anstelle der gummierten Walze kam auch ein Messerrakelsystem zum Einsatz. Das für die Rakel benutzte PTFE-Plattenmaterial erwies sich als nicht geeignet. Auch wiesen die Kunststoffrakeln trotz massiver Halterung wellenartige Verformungen auf, die zu einem ungenauen Abstreifen überschüssiger Flotte führten, was sich durch eine Streifenbildung auf der Ware bemerkbar machte. Auch die Seitenabdichtungen des Zwickels zur Eingrenzung des Arbeitsbereiches war nicht dicht genug, was technische Ursachen als Grund hatte. Hier sind Nachbesserungen erforderlich, wenn ein solches Konzept weiter verfolgt wird, die jedoch schwierig erscheinen und während der Projektlaufzeit nicht mehr ausgeführt werden konnten.

Der Umschlingungswinkel der Warenbahn um die Rasterwalze ist insbesondere für Gewebe und Maschenwaren aus Fasergarnen auf 40° zu begrenzen (unterste Position der Leitwalze), um einen eventuellen Abrieb zu vermeiden.

Das Ziel, ein stabiles, auf eine hohe Gleichmäßigkeit des Produktauftrages auf die Warenbahn ausgerichtete System zu entwickeln, wurde mit dem Zweiwalzensystem insgesamt gesehen erreicht. Notwendigkeit zur Systemverbesserung besteht zum einen für die Abstreif rakel auf der Rasterwalze: Die Positionierung wird hinsichtlich einer Minimierung der Kontaktreibung optimiert. Zum anderen muss unter dem Zwickel zwischen den beiden Walzen eine Auffangwanne angeordnet werden, die die Tropfen, die aus dem Walzenspalt von Zeit zu Zeit austreten, daran hindert, auf die darunter bewegte Warenbahn zu gelangen. Diese Auffangwanne soll außerdem mit einer weiteren Rakel versehen werden, um die Faserpartikel und Flusen, die insbesondere bei Baumwollsubstraten über die Rasterwalze abgetragen werden, vor dem Eindringen in den Zwickel am Spalt durch eine Gegenbewegung der gummierten Walze abzufangen und in die Auffangwanne abzustreifen.

Wegen der zum Teil sehr unterschiedlichen Ausführungen der „Alt“-Foulards wurden Überlegungen zu verschiedenen Varianten betrachtet. Das Zweiwalzenpaar, in dessen Zwickel die Appreturflotte untergebracht ist, unterliegt verschiedenen Kräften, die durch das Eigengewicht und auch durch die durch den Schlitz zwischen den beiden Walzen durchgehende Flüssigkeit beeinflusst werden. Die Umdrehungsgeschwindigkeit mit Zuordnung zur Geschwindigkeit der Warenbahn ist ein zusätzlich zu berücksichtigender Einflussfaktor. Insbesondere jedoch ist die Kapillarität/Saugfähigkeit des Textils und sind die Eigenschaften der wässrigen Appreturlösung (z.B. Scherkräfte und Dispersionsstabilität, Oberflächen-/Grenzflächenspannungsverhältnisse der wässrigen Flotten) von entscheidendem Einfluss auf die Höhe des Produktauftrages auf die Ware. Ziel ist ein (möglichst) spannungsarmer, friktionsgerichteter Betrieb der Rasterwalze und die damit verbundene Beeinflussung des Flottenauftrages zwischen 15% und 50% bezogen auf das Warengewicht. Hierzu wurden während der Bearbeitung des Projektes einige technische und auch organisatorische Konzeptänderungen vorgenommen. Die Lineatur-Strukturierung der Rasterung hat sich wie bei den Laborversuchen als gut geeignet herausgestellt. Anhand der Praxisversuche des Projektes konnte gezeigt werden, dass sehr unterschiedliche Minimalauftragsvarianten mit diesem System einzustellen waren. Problematisch waren (wie erwartet) klebend wirksame Appreturmittel und – in einem Beispiel – die Ablagerung großer Mengen an Flusen und Faserpartikeln auf der Rasterwalze. Die Reinigungstechnik des Systems muss insgesamt noch verbessert (auch automatisiert) werden.

So konnte mit diesem Versuchsstand mit Erfolg gezeigt werden, dass die Chemikalien in der Menge ihres Auftrages auf die Ware in der Weise zu begrenzen waren, dass gerade der erwünschte Ausrüstungseffekt bei zumindest gleichbleibender Qualität der Ausrüstung erreicht wird; hierin liegt das Haupteinsparpotenzial mit Steigerung der Ressourceneffizienz. Die Genauigkeit der Zudosierung der Appreturflotte wurde über den Flottenverbrauch geregelt. Ein automatisiertes Zudosiersystem war für den Versuchsstand nicht vorgesehen. Es gelang eine Zuordnung zu Warenart/Flächengewicht, Ausrüstungschemie/-rezept und Warengeschwindigkeit sowie den Parametern Drehrichtung und Drehzahl der Rasterwalze.

Bei allen Praxisversuchen erwies sich ein Verfahren zur Schnellreinigung des Systems als notwendig. Ein Antrocknen der Appreturchemikalien insbesondere in der Rasterung ist unbedingt zu vermeiden, um eine aufwändige Reinigung zu umgehen. Der Verbrauch von Wasser zur Reinigung kann auf ein Minimum reduziert werden, setzt aber eine Automatisierung voraus, da der Maschinenführer der Spannmaschine am Ende einer Partie zunächst mit einem ordnungsgemäßen Durchlauf der Ware durch die Spannmaschine beschäftigt ist. Ein entsprechendes Reinigungsverfahren wurde entwickelt, das zunächst händisch auszuführende Reini-

gungsoperationen vorsieht, die später in einen automatisch geregelten Ablauf überführt werden können.

6. Literaturhinweise

- [Anhang 38] Anhang 38 AbwV – Textilherstellung, Textilveredlung; BGBl I 1474, 02.09.2014; AbwV – Abwasserverordnung; Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004; BGBl I S. 1108, 2625, zuletzt geändert durch Artikel I der Verordnung vom 2. September 2014, BGBl I S. 1474
- [Dolinschek] nicht veröffentlichter Vorschlag von Theo Dolinschek zur technischen Änderung der Timatec-Anlage; Quelle Zeichnung: Marzinkowski (März 2013)
- [DWA M 733] DWA Merkblatt 733: Abwasser aus der Herstellung Technischer Textilien. Herausgeber und Vertrieb: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef; ISBN 978-3-944328-74-4 (2015)
- [Innolmpräg] Marzinkowski, J. M., et al.: Entwicklung eines innovativen Applikationsverfahrens zur reststofffreien Imprägnierung von textilen Warenbahnen Abschlussbericht zum Vorhaben Innolmpräg, 1. Januar 2009 bis 30. Juni 2011; Deutsche Bundesstiftung Umwelt, AZ 27110 (2011)
- [Glawe] Glawe, A., Neumann, W.: Beschichtungsverfahren für flüssige Medien und deren Anwendung in Rolle zu Rolle Prozessen. TEXTILPLUS 03/04 (2013) 27-30
- [Kohla] Kohla, M.; Marzinkowski, J. M.; Schafmeister, C.; Schwake, M. (2008): Effizienzsteigerung in der Textilindustrie. Erich Schmidt Verlag (ESV), Berlin. ISBN 978-3503112142
- [Marzinkowski (2013)] Nicht veröffentlichte Ergebnisse einer Potenzialanalyse zur Steigerung der Materialeffizienz in einem Textilunternehmen (2013)
- [Matex Eco] Matex Eco Applicator; van Wersch, K.: Ausrüsten von Frottierware unter ökonomischen und ökologischen Aspekten. Textilveredlung 11/12 (2010) 8-11
- [Patent 2013] Bergische Universität Wuppertal: Flotten-Applikationseinrichtung einer Foulard-Maschine und Verfahren zum Betrieb einer Foulardmaschine Deutsche Patentanmeldung DE 10 2013 010 367.3 (04. 07. 2013)
- [Roll Coaters] About Roll Coaters (ca. 1980) http://www.schaeferco.com/about_rollcoaters.html
- [REACH-V] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. ABl. L 396 vom 30.12.2006, S. 1. Online unter: <http://www.reach-info.de/verordnungstext.htm>
- [Schmalz] Schmalz, M., Neumann, W.: Rasterwalzenauftragstechnik mit Kammerrakel – Eine Erfolgsbilanz; coating international (2009) 11/12
- [textil+mode] Mit jeder Faser nachhaltig – die deutsche Textil- und Modeindustrie in Zahlen; Gesamtverband textil+mode (2014); www.textil-mode.de