

**Entwicklung eines innovativen Applikationsverfahrens  
zur reststofffreien Imprägnierung von textilen Warenbahnen**

**Umweltfreundliche Verfahren mit hohem Umweltentlastungspotenzial**

*gefördert durch die*  
**Deutsche Bundesstiftung Umwelt Osnabrück**  
**AZ 27110**

Projektlaufzeit: 01. Januar 2009 bis 30. Juni 2011

**Bewilligungsempfänger und Koordinator:**

**Brückner Trockentechnik GmbH & Co. KG**

Benzstraße 8-10  
71229 Leonberg  
[www.brueckner-trockentechnik.de](http://www.brueckner-trockentechnik.de)

**Projektpartner:**

**Bergische Universität Wuppertal**

Fachbereich D, Abt. Sicherheitstechnik  
Fachgebiet Umweltchemie  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
[www.uch.uni-wuppertal.de](http://www.uch.uni-wuppertal.de)

**Fritz Blanke Textilveredlung GmbH & Co. KG**

Industriestraße 6-12  
32105 Bad Salzuflen  
[www.blanke-textil.de](http://www.blanke-textil.de)

**Anton Cramer GmbH & Co. KG**

Münsterstraße 112  
48268 Greven  
[www.anton-cramer.de](http://www.anton-cramer.de)

Verfasser des Abschlussberichtes:

Marzinkowski, J. M., Rabhi, A.; Bergische Universität Wuppertal

Christ, M, Guntermann, K., Rösch, B., Schmitt, M.; Brückner Trockentechnik, Leonberg

## 1. Einleitung und Problemstellung

Die Imprägnierung von textilen Warenbahnen erfolgt überwiegend über eine Tauchapplikation, bei der eine vollständige Benetzung des Textils erfolgt. Es gibt hierzu verschiedene, seit langer Zeit bewährte Verfahren. Üblich ist die Anwendung eines Foulards mit vorgeschaltetem Netztrog („Foulardchassis“), der die in Wasser gelösten oder dispergierten Textilchemikalien als sogenannte „Appreturflotte“ enthält und durch den die Warenbahn in breiter Form geführt wird. Abschließend erfolgt durch ein vertikal angeordnetes Gummiwalzenpaar eine Entwässerung der Ware bis zu dem gewünschten Restfeuchtegehalt, der als „Flottenaufnahme“ („Pick-up“, „Abquetscheffekt“) definiert ist. Anstelle des Tauchens in einem Foulardchassis kann auch die Imprägnierung der Warenbahn in der Flüssigkeit erfolgen, die sich als Zwickel zwischen horizontal angeordneten Gummiwalzen bildet. Entscheidend für die Auswahl des Verfahrens ist die Netzfähigkeit des textilen Substrates und die damit zusammenhängende Flottenaufnahme sowie die Tauch- und Netzstrecke bzw. –zeit. Der vertikale Foulard mit vorgeschaltetem Netztrog hat sich als universelle, vielseitig anwendbare Lösung durchgesetzt und ist daher sehr weit verbreitet anzutreffen. Als Nachteile sind bekannt, dass immer eine vollständige Benetzung (Durchdringung) des Textils stattfindet, dass die beim Verlassen des Troges auftretende hohe Längsspannung bei elastischen, zugempfindlichen Waren zu einer unerwünschten Längung der Ware führt und dass am Ende eines jeden Appreturauftrages trotz eines optimierten Verdrängersystems mindestens 15 L Rest der Appreturflotte im Foulardchassis zurückbleiben, manchmal aber auch bis zu 50 L, die wegen der vom textilen Substrat während des Tauchvorganges abgelösten, von einer vorhergehenden Behandlung (z.B. Färberei) stammenden, chemischen Stoffe zusätzlich enthält und deswegen für nachfolgende Aufträge nicht mehr zu gebrauchen ist.

Alternativ zu einer Benetzung im Foulardchassis hat sich der Pflatschauftrag als einseitige Behandlung der Warenbahn in bestimmten Fällen bewährt. Hierbei wird die Warenbahn über eine Stahl- oder Kunststoffwalze geführt, die in ein Tauchbecken eintaucht, hierbei eine definierte Menge der Appreturflotte aufnimmt und diese beim Kontakt mit der Ware an diese abgibt. Diese Systeme kommen mit einer geringeren Warenspannung aus, jedoch bleiben ebenfalls am Ende einer jeden Partie ca. 8 bis 15 Liter Restflotte übrig. Seltener anzutreffen ist der ebenfalls einseitige Auftrag verschäumter Appreturflotten; auch hier bleibt eine bestimmte Systemfüllung übrig, die abhängig von der Auftragstechnik und vom Schaummixer ist.

Eine vollständige Imprägnierung des Textils geht immer dann über das Ziel hinaus, wenn (einseitige) Oberflächeneffekte erwünscht, bzw. ausreichend sind. So ist für Weichgriff-, Versteifungs- oder Schrumpfarmausrüstungen eine vollständige Imprägnierung der Warenbahn sinnvoll, während eine Hydrophobierung oder Oleophobierung auf die Gebrauchsseite der Ware beschränkt werden sollte. Wenn eine nachträgliche Kaschierung der Rückseite der Warenbahn mit einem anderen flächenartigen Material zu einem Verbundstoff erfolgen soll, kann eine vorhergehende vollständige Imprägnierung mit einem Fluorcarbonharz oder einem Polysiloxan sogar hinderlich sein.

Aus Gründen der Ressourceneffizienz ist es angeraten, nur die Menge chemischer Stoffe auf die Waren aufzutragen, die tatsächlich zum Erreichen der erwünschten Effekte benötigt wird. Auch ist es unter dem Aspekt der nachträglich aufzuwendenden thermischen Energie zum Trocknen der Ware geboten, nur die Wassermenge aufzutragen, die für eine gleichmäßige Verteilung der chemischen Stoffe auf der Warenbahn erforderlich ist. Hier ist der Pflatsch- und Schaumauftrag mit einer Minimal-Flottenaufnahme bis 15% dem Foulard überlegen, der mit mindestens 55% Flottenauftrag verbunden ist. Minimalauftragsverfahren ermöglichen eine „Nass-in-Nass“-Behandlung der Warenbahn, das heißt, einen Additivauftrag ohne Zwischentrocknen. Dosiersysteme, die eine genaue Zugabe der benötigten Chemikalien und des Wassers ermöglichen, sind seit mehreren Jahren in der praktischen Erprobung und daher Stand der Technik.

Die Entsorgung der Reste der Appreturflotten ist wegen der meist geringen biologischen Eliminierbarkeit nicht mehr über das Abwasser erlaubt. Eine Abfallentsorgung ist aufwendig und kostenintensiv. Die nicht verbrauchten Chemikalien gehen hierbei unwiderruflich verloren. Der damit verbundene Wertverlust ist ebenfalls ein gravierender Nachteil der bestehenden Verfahren. Bei den in der Bundesrepublik noch betriebenen Spannmaschinen, die zum Appretieren eingesetzt werden, beträgt der Verlust an Chemikalien pro Jahr einer vorsichtigen Schätzung zufolge 600 t Appreturchemikalien mit einem Wert von ca. 3,9 Mio. €. Die Entsorgung der Appreturrestflotten, die diese Chemikalien durchschnittlich in einer Konzentration von 40 g/L enthalten, sollte vorzugsweise über Flockungsverfahren erfolgen. Hierfür sind nochmals ca. 550 t Flockungshilfsmittel pro Jahr erforderlich, die zu einer Schlammmenge von ca. 1.500 t (50% TS) Sonderabfall pro Jahr führen.

Der Reinigungsaufwand zur Beseitigung der an den Wänden des Chassis, des Tauchbeckens und des Schaumauftragsystems anhaftenden Reste der Appreturflotte ist unter Umständen erheblich und benötigt Zeit, während der keine weitere Auftrags-

bearbeitung erfolgen kann. Für die Bearbeitung eines nächsten Auftrages ist jedoch ein sauberes Chassis und sind reststofffreie Foulardwalzen eine qualitätsbedingte Voraussetzung.

## 2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung und Erprobung eines innovativen Applikationsverfahrens zur Imprägnierung von textilen Warenbahnen, bei dem Imprägnierflotte und Warenbahn so in Kontakt gebracht werden, dass eine gleichmäßige Benetzung und Imprägnierung erfolgt. Durch die Anordnung des Flottenauftragswerkes und über Sensoren soll eine gleich bleibende Netzstrecke als Qualitätskriterium gesteuert werden und ein passgenaues Zudosieren der Imprägnierflotte ermöglicht werden, so dass kein Flottenrest am Ende des Prozesses übrig bleibt. Es sollte sowohl ein einseitiger Auftrag der Appreturflotte als auch ein das Textil vollständig benetzender Auftrag wählbar sein. Der Auftrag soll additiv erfolgen, so dass auch vorher gleichmäßig entwässerte Warenbahnen als „nass-in-nass“-Auftrag mit möglichst geringer Gesamtfeuchte zu imprägnieren sind.

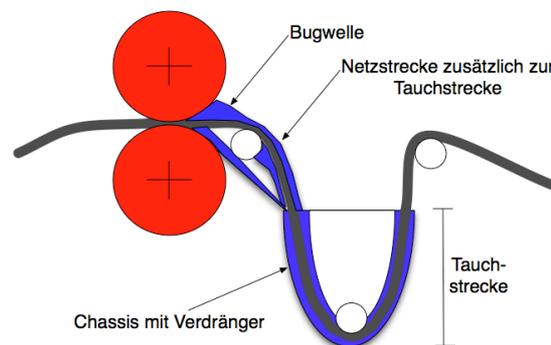
Mit dem neuen Auftragsverfahren war ein verlustfreies und ressourcenschonendes Imprägnieren der textilen Warenbahnen zu entwickeln. Sowohl die genaue Zudosierung der Appreturchemikalien und des Wassers, die über bekannte technische Einrichtungen erfolgen soll, als auch die Vermeidung von Warenverlusten, beispielsweise von sogenannten Nachläufern, die in der Regel zwischen unterschiedlich auszurüstenden Waren angebracht sind und mindestens eine Länge von 10 Metern haben, waren hierbei zu beachten. Appreturwechsel und Systemreinigung sollen sich in weniger als 2 m Warenlänge beim Partiewechsel vollziehen lassen.

Das Auftragswerk soll auch eine möglichst geringe Warenspannung mit sich bringen. Es war daher an eine Gleitfläche = Netzebene für die Warenbahn in Form einer *Schiefen Ebene* gedacht, die entweder als bewegliches Band oder als feststehende Fläche mit einer profilartigen Oberfläche gestaltet ist. Das Auftragswerk soll als Übergießeinrichtung, Düse oder Rasterwalze ausgeführt sein. Die technischen Randbedingungen (Neigungswinkel und Profil der Gleitebene bzw. des Bandes, Zudosierungstechnik, Sensortechnik und Steuerung) waren an vielfältige Einsatzzwecke anzupassen.

Ziel war es daher, ein reststoffreies und ressourceneffizientes Verfahren zu entwickeln, das in vielen Bereichen der kontinuierlichen Imprägnierung von textilen Warenbahnen zur Anwendung kommt und welches das bisher übliche Foulardchassis (Foulardtrog) als die am meisten angewendete Imprägniertechnik ersetzen kann.

### 3. Stand der Technik

Zum Bleichen, Färben und Appretieren (Textilveredlung) werden Farbstoffe und 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 Netztrug und mindestens zwei gummierten Walzen, zwischen denen die Warenbahn, die im Chassis mit einem Überschuss der wässrigen Flotte benetzt bzw. imprägniert wird, auf einen definierten Wassergehalt abgequetscht wird. Die mit diesem Wassergehalt auf der Ware verbleibenden Farbstoffe und Chemikalien führen beim nachfolgenden Trocken- und Fixierprozess zu den gewünschten Effekten. Zu beachten ist die Füllung des Chassis, die am Ende des Imprägnierprozesses übrig bleibt. Diese als *Systemfüllung* bezeichnete Flottenmenge hängt ab vom Füllvolumen des Chassis sowie der Zuleitungen und des Vorratstanks, in dem am Ende des Prozesses üblicherweise ein Überschuss an Imprägnierflotte in der Größenordnung von 10 bis 50 L vorliegt. Diese Flottenmengen entstehen immer dann, wenn der Flottenansatz nur mit einer Genauigkeit von 10 L vorgenommen werden kann und ein *Sicherheitsausgleich* für die nicht genau bekannte Flottenaufnahme (L Imprägnierflotte/kg Ware) zu berücksichtigen ist. Oft schleppt die textile Warenbahn aus vorhergehenden Prozessstufen der Textilveredlung in Wasser lösliche oder dispergierbare Stoffe in das Imprägnierbad ein, weshalb das Restbad am Ende des Prozesses für eine nachfolgende Verwendung unbrauchbar wird.



**Abbildung 1:** Skizze zum Foulard mit Chassis

Zur Verminderung des Badvolumens im Chassis ist der Einsatz von Verdrängungskörpern üblich. So beträgt das Füllvolumen eines V-förmigen Chassis in der Form

eines regelmäßigen dreiseitigen Prismas bei 2 m Breite (h) und einer Tauchstrecke für die textile Warenbahn von 2 x 35 cm (35 cm = Grundkante a)

$$V = \frac{a^2 \cdot h}{4} \cdot \sqrt{3} = \frac{35^2 \cdot 200}{4} \cdot \sqrt{3} \text{ cm}^3 = 105.960 \text{ cm}^3 V = 106 \text{ L}$$

Durch einen Verdrängungskörper, der eine Spaltbreite von 3 cm für die Warenbahn offen lässt, kann das Badvolumen rechnerisch auf 15 L begrenzt werden. Hierbei sind die Restbadvolumina im Ansatzgefäß des Imprägnierbades und in den Zuleitungen (Systemfüllung) nicht berücksichtigt.

Andere Auftragssysteme sind der Pflatschtauftrag, bei dem eine in einen Trog eintauchende Walze die Imprägnierflotte auf die an dieser *Pflatschwalze* vorbeigeführte Warenbahn einseitig überträgt. Am Ende des Imprägnierprozesses bleibt die Füllmenge des Troges sowie die Systemfüllung übrig, in der Regel mehr als 20 L. Andere Minimal- und Additionsverfahren sowie der Sprüh- und Schaumauftrag weisen zum Teil erhebliche Systemfüllmengen auf und/oder können nur in ganz bestimmten Bereichen der Imprägnierung eingesetzt werden. Der mit dem Foulard verbundene universelle Auftrag von Imprägnierflotten auf Gewebe und Strickwaren sowie Non-Wovens aller Art ist bisher durch kein anderes Auftragsverfahren zu ersetzen.

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 Imprägnierbad während des ersten Teils einer Partie gemessen und der Restbedarf sogleich berechnet und bereitgestellt wird. Am Ende bleibt dann nur noch die Chassisfüllung übrig. 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 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. In den letzten Jahren wurden verschiedene Online-Dosiertechnologien eingeführt, die für das kontinuierliche Färben insbesondere mit neuartigen Auftragssystemen wie dem U-Shaft (Fa. Küsters Textile GmbH, Zittau) Voraussetzung für einen gleichmäßigen Farbauftrag sind. So wird beispielsweise beim Contidos SF (Fa. Küsters Textile GmbH, Zittau) die homogene Vermischung der einzeln zudosierten Farbstoff- und Hilfsmittellösungen in einem Durchlaufmischer erreicht, der die vermischte Flotte dann dem Chassis des Foulards oder dem U-Shaft zuleitet. Die Online-Dosierung erfolgt in Abhängigkeit

von der Flottenaufnahme bzw. wird über eine Verbrauchserfassung geregelt. Die Flottenverluste, die am Ende des Färbeprozesses entstehen, entsprechen im Wesentlichen der Systemfüllung und sind noch immer größer als 20 L. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: In einem Textilunternehmen, das drei Spannmaschinen mit Foulard und jeweils vorgeschaltetem Chassis zur Imprägnierung der Baumwollgewebewarenbahnen betreibt, fallen bei durchschnittlich fünf Badwechseln pro Spannmaschine respektive Foulard und Tag im Jahr ca. 345 t Restimprägnierbäder an. Dies entspricht einer Menge von ca. 20 t Chemikalien (wässrige Dispersionen) pro Jahr. Alleine der Wertverlust, der mit den in diesen Restimprägnierbädern enthaltenen Chemikalien verbunden ist, beträgt ca. 90.000 € pro Jahr. Entsorgungskosten und auch die Zeitverluste beim Stillstand der Anlage während der Partie- und Badwechsel sind hierbei nicht mitgerechnet. Die Entsorgung dieser Chemikalien kann erfahrungsgemäß nur über eine chemische Flockung erfolgen, wofür nochmals ca. 20 t Eisensalze und Flockungspolymere benötigt werden. Eine Eindampfung und/oder Verbrennung der Flotten ist wegen des hohen Wassergehaltes unwirtschaftlich und wegen der zum Teil aggressiven Bestandteile technisch schwierig. Hochgerechnet auf die in der Bundesrepublik noch betriebenen Spannmaschinen, die zum Appretieren eingesetzt werden, beträgt der Verlust an Chemikalien pro Jahr einer vorsichtigen Schätzung zufolge ca. 600 t Appreturchemikalien mit einem Wert von ca. 3,9 Mio. €. Für die Entsorgung der Appreturrestflotten, die diese Chemikalien durchschnittlich in einer Konzentration von 40 g/L enthalten, sind nochmals ca. 550 t Flockungshilfsmittel pro Jahr erforderlich, die zu einer Schlammmenge von ca. 1.500 t (50% TS) Sonderabfall pro Jahr führen. [1]

Das Restbad wird in einigen Fällen mit so genannten Nachläufern aufgenommen. 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 von 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 in der Spannmaschine lassen eine derartige Verfahrensweise in der Appretur sehr fraglich erscheinen.

Der Imprägniervorgang setzt sich beim Standardchassis aus der Tauchstrecke durch das Imprägnierbad und einer zusätzlichen Netzstrecke zwischen Badoberfläche und dem Foulardwalzenpaar zusammen. Auf dem Abschnitt zwischen dem Verlassen des Imprägnierbades 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 mit dem Pflatsch- und Additionsverfahren beispielsweise 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 ist umgekehrt mit großen Qualitätsvorteilen verbunden, die derzeit oft nur durch Nachbesserungen zu erzielen sind. Bei einer Änderung des Imprägnierverfahrens darf es deshalb auch nicht zu nachteiligen Einflüssen auf die Qualität der Ware kommen. Eine ausführliche Beschreibung zur Appretur der Textilien findet sich in [2].

Die Ausführung des Auftragsaggregates beeinflusst Auftragsmenge und Gleichmäßigkeit des Auftrages. Für größere Auftragsmengen bei gleichmäßigem Abfluss hat sich das Prinzip des Überlaufwehres (Film-Vorhang-Verfahren) in der Beschichtung von kontinuierlich geführten Warenbahnen bewährt. Das Übergießverfahren wird beispielsweise auch bei der kontinuierlichen Färbung von Teppichen in verschiedenen Ausführungen angewendet. Die Flottenauftragsmenge beträgt dann jedoch meist ein Mehrfaches des Flächengewichtes der Ware. Denn Massenstrom, Grenzflächenspannung, Dichte und Viskosität sowie die Warengeschwindigkeit in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, damit ein über die Breite gleichmäßiger Flüssigkeitsfilm bei Raumtemperatur erzielt wird. Färbeanlage mit Übergießeinrichtung. Die Färbeflotte wird auf die obere Fläche einer als schiefe Ebene angeordneten Platte gegossen und folgt der Gravitation. Die Platte besteht aus mehreren, parallel zueinander angeordneten Trennblechen in Längsrichtung, die den Auftrag unterschiedlicher Farblösungen ermöglichen. Die Platte kann seitlich hin- und her bewegt werden (traversierende Bewegung), wodurch es bei unterschiedlich farbigen Lösungen zu einem Multicoloreffekt kommt. [3]

Aus der Sicht der Ressourcenschonung und Energieeffizienz sollten nur die Menge der Veredlungschemikalien auf das Textil aufgetragen und die dafür gerade notwendige Wassermenge genutzt werden, die für den Ausrüstungseffekt erforderlich sind. Das erfordert möglicherweise einen einseitigen Auftrag der Veredlung. Die Verteilung kleinerer Flottenmengen über die Warenbreite zur Erzielung sehr dünner Flüssigkeitsschichten kann beispielsweise über geeignete Schlitzdüsenysteme erfolgen. Die Auftragsmenge wird definiert durch die Schlitzbreite, die Schlitzlänge (= Warenbreite) und den Flüssigkeitsdruck sowie die Fließgeschwindigkeit. Wie beim Wehr sind auch bei der Schlitzdüse die Oberflächenspannung der Flüssigkeit, deren Dichte und Viskosität zu beachtende Parameter. Beim konstruktiven Aufbau der Düse muss außerdem berücksichtigt werden, dass das Flächenverhältnis von Zuflussöffnung in die Düse, Schlitzfläche und Flüssigkeitsvolumen in einem begrenzten Verhältnis zueinander stehen müssen, um die in der Düse bestehende Querschnittserweiterung und damit verbundene mögliche Stoßverluste zu überwinden und einen ungleichmäßigen Auslauf der Flüssigkeit über die Schlitzlänge zu verhindern. [4: S. 392 ff; 5, 6]

Seit einigen Jahren hat sich die Rasterwalzentechnik zum gleichmäßigen Auftrag sehr dünner Schichten wässriger Systeme bewährt. Insbesondere bei der Papierbeschichtung konnte sich die Rasterwalzentechnik durchsetzen, da sie für hohe Produktionsgeschwindigkeiten ( $> 1.000 \text{ m/min}$ ) geeignet ist, Schaumbildung und Luftblasen vermeidet und ein Sedimentieren von Pigmenten aus wässrigen Dispersionen verhindert. Die vielfältigen Möglichkeiten werden in [7] beschrieben. Im Papierdruck werden ebenfalls Rasterwalzen zum Auftrag dünner Farbschichten eingesetzt [8]. Im früher üblichen Tiefdruckverfahren von textilen Flächen wurden Walzen eingesetzt, auf denen Muster eingraviert waren. Diese dienten zur Übertragung der Farbpaste auf das Textil (Rouleauxdruck). Die heute zur Verfügung stehenden Rasterwalzen sind durch die Gestaltung der Oberfläche als chromierte oder keramische Beschichtung hohen Belastungen gewachsen und weisen je nach Bedarf unterschiedliche Volumina auf, die durch die Rasterung im  $\mu$ -Bereich und die Linien- oder Näpfchendichte gegeben ist.

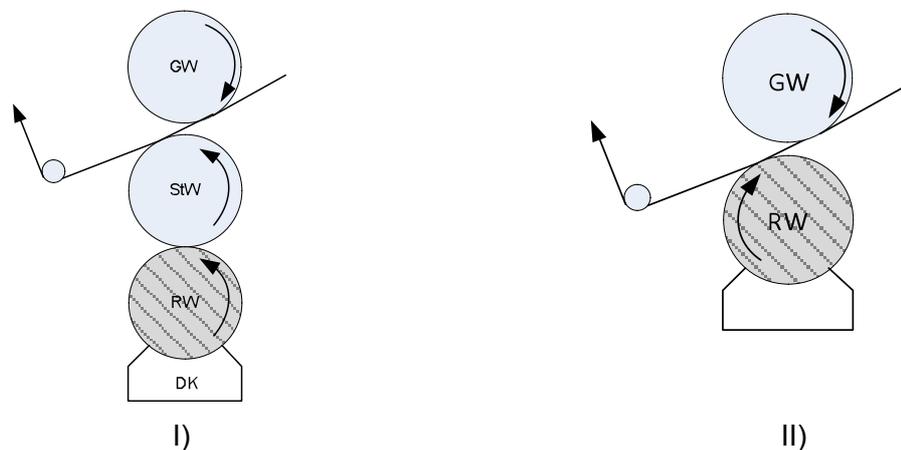
Beim Rasterwalzenauftrag mit Kammerrakel [7] erfolgt ein einseitiger Auftrag der Appreturflotten auf einer bewegliche Warenbahn, indem die Flotte aus einer Druckkammer über die Breite eines Schlitzes auf die Rasterwalze aufgebracht wird, diese gleichmäßig benetzt und dabei die Rasterlinien füllt. Der Überschuss an Flüssigkeit wird in den Ansatzbehälter zurückgeführt. Die Rasterwalze kann unmittelbar oder über weitere Walzen in Kontakt mit der Ware kommen. Die für die Benetzung der

Ware benötigte Flottenmenge wird über das spezifische Volumen des Rasters und die Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze im Verhältnis zur Warengeschwindigkeit geregelt. So weist eine Rasterwalze mit einer Lineatur von 100 L/cm ein Volumen von 10 mL/m<sup>2</sup> auf. Eine andere Rasterwalze ergibt bei einer Lineatur von 80 L/cm und einer größeren Linienbreite ein Volumen von 20 mL/m<sup>2</sup>. Ein weiteres Kriterium ist die Drehrichtung der Rasterwalze, die mit und gegen die Warenrichtung ausgelegt sein kann. Damit können gezielt Flottenaufnahmen < 50% (additiv) erreicht werden.

Verschiedene Anordnungen der Walzen zur Ware sind möglich. Nachfolgende Abbildungen zeigen zwei der Möglichkeiten (Anlagenkonzept der Maschinenfabrik Max Kroenert GmbH & Co. KG, Hamburg):

I) Zwischen Stahlwalze (SW) und Gummiwalze (RW) wird die Warenbahn geführt; beide drehen mit der Warenlaufrichtung. Die Appreturflotte wird von der Rasterwalze (RW) über die Stahlwalze auf das Textil appliziert (Kiss-Coat-Fahrweise).

II) Die Rasterwalze (RW) kommt mit der Ware direkt in Kontakt. Die Gummiwalze sowie die Umlenkwalze dienen der (GW) zur Einstellung des Anlegewinkels der Ware an die Rasterwalze (RW), um die Kontaktstrecke der Auftragsmenge, der Benetzbarkeit und den Geschwindigkeitsverhältnissen anpassen zu können.



**Abbildung 2:** Anordnung der Rasterwalze zur Warenbahn:  
 I) Kiss-Coat-Fahrweise, indirekte Übertragung der Flotte  
 II) Kiss-Coat-Fahrweise, direkter Kontakt der Warenbahn mit der Rasterwalze (die Rasterwalze dreht in entgegengesetzter Richtung zum Warenlauf)

**Anmeldung als Erfindung:**

Gegenstand ist ein innovatives Applikationsverfahren zur Imprägnierung von textilen Warenbahnen, bei dem Imprägnierflotte und Warenbahn so in Kontakt gebracht werden, dass eine gleichmäßige Benetzung und Imprägnierung erfolgt. Durch die Anordnung des Flottenauftragswerkes und über Sensoren soll eine gleich bleibende Netzstrecke als Qualitätskriterium gesteuert werden und ein passgenaues Zudosieren der Imprägnierflotte ermöglicht werden, so dass kein Flottenrest am Ende des Prozesses übrig bleibt. Damit soll ein verlustfreies und ressourcenschonendes Imprägnieren der textilen Warenbahnen ermöglicht werden. Die neuartige Auftragstechnik ist als Gleitfläche = Netzebene für die Warenbahn ähnlich einer *Schiefen Ebene* gestaltet, die entweder als bewegliches Band oder als feststehende Fläche mit einer profilartigen Oberfläche ausgeführt ist. Die Warenbahn gleitet in einer Flüssigkeitsschicht, die über eine an die Warenmenge pro Zeiteinheit angepasste Zudosierung der Imprägnierflotte gesteuert wird. Seitenabschluss, Neigungswinkel und Profil der Gleitebene bzw. des Bandes, Zudosierungstechnik, Sensortechnik und Steuerung sind an vielfältige Einsatzzwecke, wie sie das bisher übliche Chassis des Foulards ermöglicht, und insbesondere an eine spannungsarme Warenführung angepasst. Die Auftragstechnik bietet die Möglichkeit, an einen vorhandenen Foulard (Walzenpaar zur Entwässerung der Warenbahnen) angeschlossen zu werden oder als laufendes Band eine der Foulardwalzen zu umschlingen oder mit einer Absaugeinrichtung kombiniert zu werden. [9]

**Literatur:**

- [1] Marzinkowski, J. M.: unveröffentlichte Ergebnisse. Bergische Universität Wuppertal (2008)
- [2] Rouette, H.-K.: Handbuch Textilveredlung. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt (2006) ISBN 3-86641-012-3
- [3] Britisches Patent der Fa. Küsters, Krefeld; GB-A-1 290 460 (3.3.1970/27.9.1972)
- [4] Durst, F.: Grundlagen der Strömungsmechanik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2006) ISBN 3-540-31323-0
- [5] Durst, F., Gillert, M.: Nano-Beschichtungen mit FMP-Schlitzdüsen. Coating (2010) 10, 41-44
- [6] Neumann, W.: Vorhangbeschichtung – Technologie und Anwendung. Coating (2007) 12

- [7] Schmalz, M., Neumann, W.: Rasterwalzenauftragstechnik mit Kammerrakel – Eine Erfolgsbilanz. Coating (2009) 11/12
- [8] Deutsches Patent Franzen, P.: Vorrichtung für den Auftrag einer Flüssigkeit. DE 102006022522A1 (07.12.2006)
- [9] Europäisches Patent Brückner Trockentechnik GmbH & Co. KG: Vorrichtung zum Auftragen eines Fluids auf eine textile Warenbahn. EP 09168755.8 (10.02.2010)

## 4. Ergebnisse

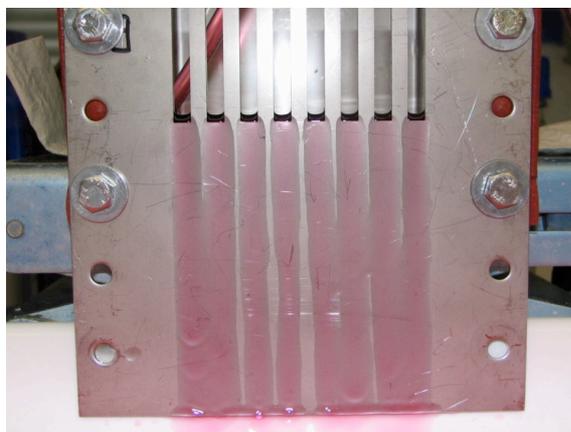
Zunächst wurde der Einsatz eines Wehres als Flottenauftragstechnik mit unterschiedlichen Formen des Überlaufs zur Filmbildung untersucht. Anschließend wurden verschiedene Spritz- bzw. Düsensysteme für die Benetzung der Warenbahn eingesetzt. Ein umfangreiches Kapitel widmet sich der Rasterwalzentechnik, die im Labor- und im technischen Maßstab in unterschiedlicher Anordnung angewendet wurde.

### 4.1. Untersuchungen zur Filmbildung über ein Überlaufwehr

Es wurde eine Kammer mit verschiedenen Vorsatzplatten verwendet. Die Kammer diente als Reservoir für die kontinuierlich überlaufende Flotte. Es wurden Wehre mit unterschiedlichen Öffnungen untersucht. Zur Verwendung kamen eine Wasser-/Spülmittel-Flotte, eine Wasser-/Tensidflotte und Wasser/Isopropanol.

Der Einsatz von Flotten auf Wasserbasis setzt zur Filmbildung den Zusatz von Tensiden und/oder wasserlöslichen Alkoholen voraus, um eine niedrige Grenzflächenspannung zu erzielen. Tenside können sich jedoch bei hydrophobierenden Appreturen nachteilig auswirken. Der Zusatz von wasserlöslichen Alkoholen als Netzmittel erfolgte in einem Mengenverhältnis  $> 20\%$ . Bei der späteren Trocknung/Kondensation der Appretur werden diese Alkoholanteile verdampft und belasten die Abluft als unerwünschter VOC.

Die Form des Überlaufes am Wehr (Beispiel im nachfolgenden Bild: Parallel angeordnete Schlitze), der Winkel der Vorsatzplatte als schiefer Abfließebene zur Ware und ihre Länge und ihr Abstand zur Ware beeinflussen die Filmbildung und die Gleichmäßigkeit des Flottenauftrages auf die Ware erheblich. Die Untersuchungen wurden wegen der eingeschränkten Möglichkeiten nicht weiter verfolgt.



**Abbildung 3:** *Flottenabfluss über ein Wehr; die wässrige Flotte enthielt ein Tensid und einen Farbstoff zur besseren Visualisierung*

#### 4.2. Untersuchungen zur Benetzung der Warenbahn mittels Sprühdüsen

Die Flotte wurde durch die Öffnungen (Düsen) eines Spritzrohres auf eine darunter angeordnete, sich drehende Walze gleichmäßig aufgetragen. Die Drehrichtung der Walze konnte sowohl mit der Warenlaufrichtung als auch gegen die Warenlaufrichtung eingestellt werden. Die Drehgeschwindigkeit war veränderbar. Der Abstand des Spritzrohres zur Walze und der Abstand der Walze zur Ware konnte ebenfalls variiert und zur Auftragsmenge angepasst werden.

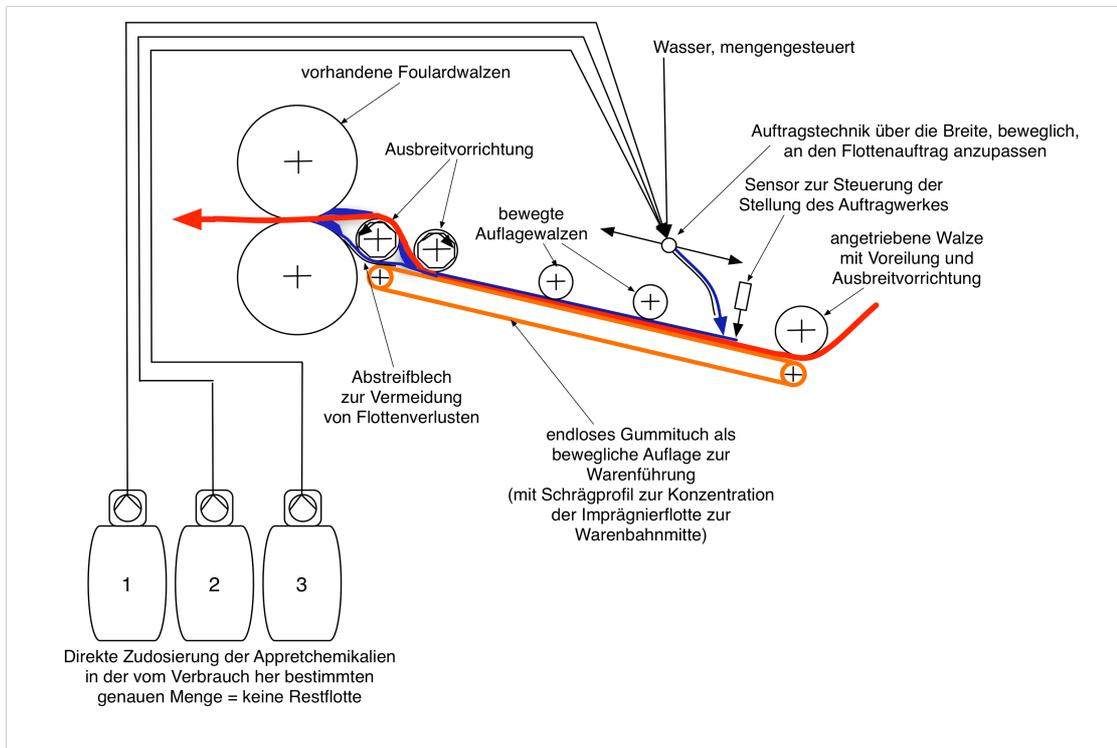
Für den Versuchsaufbau wurde ein Kupferrohr mit entsprechenden, in gleichen Abständen angebrachten Aufbohrungen gewählt. Es wurden verschiedene Kombinationen aus Drehgeschwindigkeit und -richtung der Walze, Pumpendruck und Abständen zwischen Walze, Spritzrohr und Ware untersucht. Trotz eines sehr geringen Durchmessers der Bohrlöcher ( $< 1$  mm) konnte jedoch keine gleichmäßige Verteilung der Flotte über die Warenbreite erreicht werden. Die Flotte trat ungleichmäßig aus dem Spritzrohr aus.



**Abbildung 4:** Bild der Versuchsanlage zum Flottenauftrag mittels Spritzrohr (Kupferrohr) und Walze (Aluminium), die zur Übertragung der Flotte auf die Warenbahn diente. Im Hintergrund ist der Foulard zu erkennen, der ohne Anpressdruck der Walzen zum Transport der Warenbahn benötigt wurde.

Weitere Versuche wurden daher mit einem veränderten Spritzrohr durchgeführt, das nur noch 4 Öffnungen enthielt. Zur besseren Beobachtung der Strömungsverhältnisse im Rohr wurde ein Spritzrohr aus Glas eingesetzt. Es wurden dann wieder die möglichen Variationen der verschiedenen Prozessparameter untersucht. Vor Versuchsbeginn wurde das Spritzrohr mit den Öffnungen nach oben mit Flotte gefüllt

und erst zu Beginn des Versuches in Stellung über der Auftragswalze gebracht. In das Spritzrohr wurde außerdem ein Statikmischer aus einem Edelstahlgeflecht eingesetzt.



**Abbildung 5:** Schematische Darstellung der Flottenauftragstechnik als Überlaufwehr mit einer Gleitebene, ausgeführt als endloses Gummiband für einen friktionsfreien Transport der Warenbahn; anstelle des Überlaufwehres kann ein Spritzrohr oder eine Schlitzdüse so angeordnet werden, dass der Flottenauftrag indirekt über eine der beiden Auflagewalzen oder direkt auf die Warenbahn erfolgt. Das Foulardwalzenpaar dient entweder zum Transport der Ware oder – wie gezeichnet – als Quetschwalzenpaar zur Einstellung einer gleichmäßigen Flottenaufnahme > 60%

Alle Versuche der Kombination aus Spritzrohr und Walze bzw. mit Überlaufwehr (siehe Abbildung) erbrachten keinen gleichmäßigen Flottenauftrag über die Breite und Länge der Warenbahn. Außerdem ließen sich unterschiedliche Auftragsmengen der Flotte auf die Ware nur im Bereich > 60% herstellen. Ein geringer Flottenauftrag, der mit einem einseitigen Veredlungseffekt verbunden wäre, konnte nicht erreicht werden. Am Zwickel zwischen Walze und der auf der Gleitebene aufliegenden Warenbahn bildete sich kein konstanter Flottenvorrat. Auch die erhoffte Ausbildung einer wässrigen Gleitschicht zwischen Warenbahn und fester Gleitebene („Aquaplaningeffekt“ zur Verminderung der Friktion) konnte nicht gleichmäßig realisiert werden. Der dazu notwendige Flottenauftrag > 80% wäre kein Vorteil gegenüber dem universell einsetzbaren Foulard. Dieses Konzept wurde daher aufgegeben. Ein Auf-

sprühen der Flotte mit einem feineren Sprühnebel entweder auf die Walze mit indirekter Übertragung auf die Ware oder als direktes Besprühen der Ware wurde nicht untersucht, da eine mögliche Aerosolbildung aus Arbeitsschutzgründen als nicht vertretbar angesehen wird.

#### 4.3. Untersuchungen zum Flottenauftrag mittels Schlitzdüse

Zum Einsatz kam eine Schlitzdüse mit FMP Verteilersystem. Nach Herstellerangaben ermöglicht dieses System eine Querverteilungsgenauigkeit von  $\pm 5\%$ . Das Verteilersystem besteht aus einem fächerförmigen Einsatz, der das senkrecht und zentral über dem Schlitz zugeleitete Fluid gleichmäßig über die gesamte Breite der Schlitzdüse verteilt.

Die Schlitzdüse wird jeweils in 12-Uhr-Stellung im „Bead-Coating“ Modus und im „Curtain-Coating“ Modus betrieben.

Daten der Schlitzdüse:

Hersteller:	FMP
Model:	FMP SD250VE
Gesamtbreite:	250 mm
Schlitzlänge:	200 mm

Dicke der zur Verfügung stehenden Distanzfolien zur Variation der Weite des Schlitzes: 0,5 mm; 0,4 mm; 0,3 mm; 0,2 mm; 0,1 mm; 0,075 mm; 0,02 mm; 0,01 mm

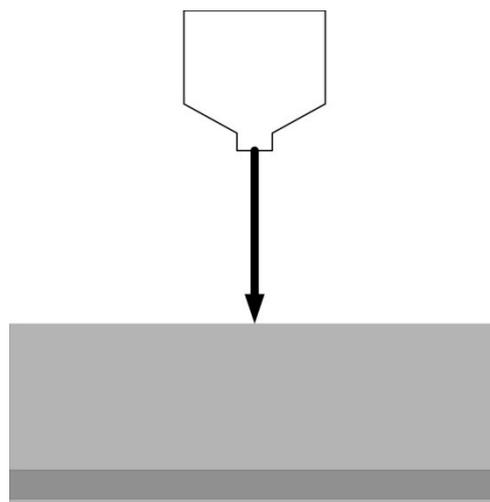
Mindestweite des Schlitzes: 0,11 mm – 0,1 mm – 0,11 mm (Rand – Mitte – Rand)

In Vorversuchen wurden zunächst die grundsätzlichen Einstellungen im Hinblick auf Flottenmenge pro Zeiteinheit und eine gleichmäßige Filmbildung untersucht. Hierfür wurde ein gleichmäßiger Flüssigkeitsdruck über einen über der Schlitzdüse angebrachten Vorratsbehälter mit einem hydrostatischen Druckgefälle von 1.200 mm Wassersäule realisiert. In der Schlitzdüse war eine Distanzfolie mit 0,05 mm Dicke eingesetzt.

Unter diesen Bedingungen fließt der Vorrat an voll entsalztem Wasser ohne Netzmittelzusätze von 1.000 mL in 18 Sekunden aus der Schlitzdüse, was rechnerisch einem Volumenstrom von 3.333 mL/min entspricht. Bei einem Warengewicht von  $200 \text{ g/m}^2$  und einer Warenbreite von 0,2 m sowie einer Warengeschwindigkeit von 20 m/min errechnet sich eine Flottenaufnahme von ca. 400%. An der Schlitzdüse bildet sich ein Wasserfilm in einer Dreiecksform aus, der sich nach Unten verjüngt. Der Wasserfilm hat zwischen der Schlitzdüse und der Spitze des Dreiecks (Aufpral-

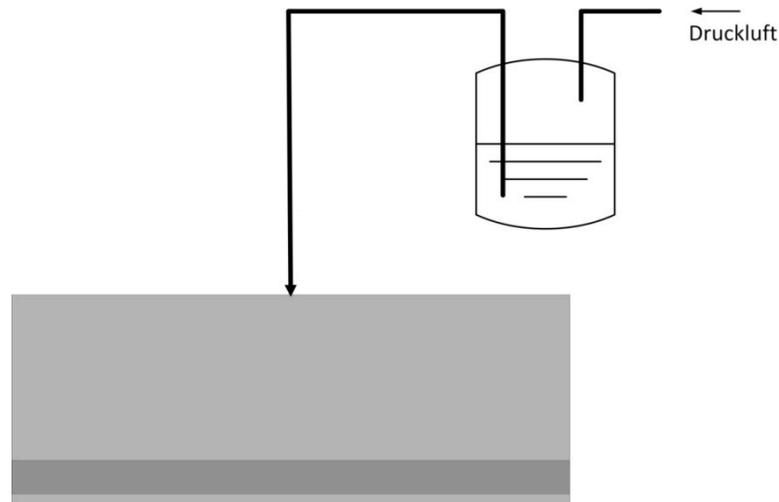
ort) eine Höhe von 15 cm. Der Abstand zwischen Schlitzdüse und Warenbahn muss demnach  $< 1$  cm sein, um über die Breite der Ware einen gleichmäßigen Flottenauftrag zu ermöglichen.

Wird zur Verringerung der Flottenauftragsmenge bei gleichem Versuchsaufbau und bei gleicher Durchführung ein reduzierter Druck der Flüssigkeit (Wassersäule 1.000 mm) eingestellt, bildet sich an der Schlitzdüse kein geschlossener Wasservorhang mehr.



**Abbildung 6:** Schematische Darstellung der Anordnung von Schlitzdüse und Vorratsbehälter

Zur Einstellung unterschiedlicher Flüssigkeitsdrücke wurde die Schlitzdüse daher mit einem Druckkessel als Vorratsbehälter verbunden, der mit konstantem Gasdruck (Druckluft) betrieben wurde. Für die Versuche wurde wieder voll entsalztes Wasser ohne Netzmittelzusätze verwendet. Ziel war die Bildung eines geschlossenen Wasservorhanges bei möglichst geringem Volumenstrom. Es wurden unterschiedliche Distanzfolien zur Einstellung unterschiedlicher Weiten des Schlitzes eingelegt. Der Gasdruck wurde bis 6 bar max. gesteigert. Unter 0,5 bar Druck war kein geschlossener Film möglich.



**Abbildung 7:** Schematische Darstellung der Anordnung von Schlitzdüse und Vorratstank als Druckbehälter

Wie erwartet nimmt mit steigendem Druck der Volumenstrom zu. Mit abnehmender Foliendicke veränderte sich der gemessene Volumenstrom jedoch nur geringfügig, was auf die Grundweite des Schlitzes (ohne Distanzfolie) von  $\varnothing 0,1$  mm zurückzuführen ist.

**Tabelle 1:** Ausgewählte Versuchsergebnisse zum Einsatz der Schlitzdüse mit Druckluft getriebenem Volumenstrom

Dicke der Distanzfolie mm	Gasdruck MPa	Volumenstrom mL/min	Durchmesser Verbindungsschlauch mm	Eigenschaften der Flüssigkeit
0,1	0,45	4.000	19	VE-Wasser
0,1	0,6	3.000	6	VE-Wasser
0,1	0,6	3.000	6	wässrige Dispersion eines Flammschutzmittels
0,1	0,6	2.660*	6	VE-Wasser

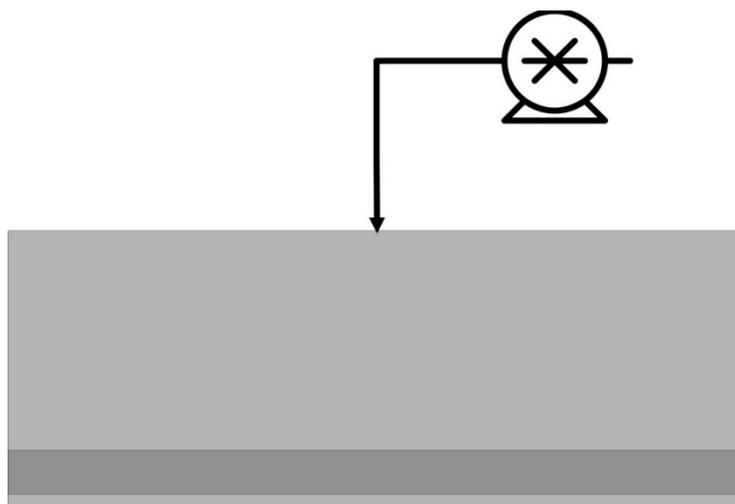
\* Der Volumenstrom wurde über ein in den Verbindungsschlauch eingebrachtes Ventil so gesteuert, dass sich noch ein geschlossener Flüssigkeitsvorhang an der Schlitzdüse ausbildete.

Minimale Verunreinigungen des Wassers, wie sie etwa als kleine fasrige oder partikuläre Bestandteile in geringer Menge im wiederverwendeten Wasser (spätere Kreislaufführung von überschüssig aufgetragener Flotte) oder durch zu grobe Dispersionen anfallen können, führten zu einer starken Störung des Wasservorhangs. Ansammlungen dieser Verunreinigungen im Schlitz führten zur Unterbrechung des Volumenstromes.



**Abbildung 8:** Bild des Wasservorhanges der Schlitzdüse (Distanzfolie 0,1 mm, 0,6 MPa Gasdruck, 3.000 mL/min Volumenstrom)

Anstelle des Gasdruckbehälters wurde eine Zahnradpumpe für die Bildung eines konstanten Volumenstromes eingesetzt. Ziel war zunächst wieder nur die Erzeugung eines gleichmäßigen Flüssigkeitsvorhanges bei geringst möglichem Volumenstrom. Auch wurde erwartet, dass im späteren Produktionsbetrieb ein kurzzeitiges Unterbrechen der Ausrüstung (z.B. bei einem Partie- oder Kaulenwechsel) es gewährleistet sein muss, dass die in der Schlitzdüse noch vorhandene Flotte nicht aus dieser herausfließt. Die ausgeschaltete Pumpe muss also zu einem abgeschlossenen System führen.



**Abbildung 9:** Schlitzdüse angeschlossen an eine Zahnradpumpe

Die Schlitzdüse ist über einen Schlauch an eine Zahnradpumpe (Scherzinger 8200 M037/2800; max. 1.000 L/h) angeschlossen. Am Auslass der Pumpe war ein Kugel-

ventil angebracht, um den Volumenstrom unterbrechen zu können. Der Volumenstrom wurde über den Frequenzumrichter der Pumpe geregelt.

Es werden alle möglichen Kombinationen aus Volumenstrom und Foliendicke untersucht, die zu einem gleichmäßigen Flüssigkeitsvorhang führten. Hierfür musste jeweils mit einem höheren Volumenstrom begonnen werden, bei dem ein stabiler Wasservorhang gebildet wurde. Anschließend wurde der Volumenstrom langsam verringert, bis der Wasservorhang riss. Wurde sofort mit dem niedrigen Volumenstrom begonnen, der vorher noch gerade einen stabilen Wasservorhang gebildet hatte, führte dies nur zu einem ungleichmäßigen, tropfenförmigen Abgang der Flüssigkeit aus der Schlitzdüse.

**Tabelle 2:** *Ergebnisse zu den Schlitzdüsenversuchen mit einer Zahnrادpumpe zum Flüssigkeitstransport; keine Distanzfolie eingelegt*

<b>Frequenz-einstellung der Pumpe Hz</b>	<b>Volumen-strom mL/min</b>	<b>Bemerkungen zum Wasservorhang hinter der Schlitzdüse</b>
1	150	tropfenweiser Austritt der Flüssigkeit
1,2	225	tropfenweiser Austritt der Flüssigkeit
1,4	275	tropfenweiser Austritt der Flüssigkeit
1,6	350	tropfenweiser Austritt der Flüssigkeit
1,8	370	tropfenweiser Austritt der Flüssigkeit
2	440	tropfenweiser Austritt der Flüssigkeit
2,5	540	unterbrochener Film
3	685	unterbrochener Film
5	1.160	geschlossener Film
10	2.360	geschlossener Film
15	3.550	geschlossener Film
20	4.680	geschlossener Film

Der Volumenstrom der Pumpe muss über das Kugelventil weiter gedrosselt werden, da der mit der Pumpe mögliche minimale Volumenstrom (geringste Frequenzwahl) noch weit über dem für die Zielanwendung benötigten Volumenstrom lag (bei einem Warengewicht von  $200 \text{ g/m}^2$  und einer Warenbreite von  $0,2 \text{ m}$  sowie einer Waren-

geschwindigkeit von 20 m/min soll die Flottenaufnahme 20% betragen, entsprechend einem Volumenstrom von 160 mL/min).

Erst ab ca. 1.000 mL/min Volumenstrom bildet sich an der Schlitzdüse ein zusammenhängender und gleichmäßiger Wasserfilm (Vorhang). Die Forderung, mit einem Volumenstrom von ca. 160 mL/min einen stabilen und ununterbrochenen Wasservorhang zu bilden, konnte mit dieser Schlitzdüse nicht realisiert werden. Der angestrebte Minimalauftrag auf textilen Warenbahnen, die sich mit einer Geschwindigkeit < 100 m/min bewegen, ist daher mit einer Schlitzdüse dieser Bauart nicht möglich.

Sowohl die Oberflächenspannung der wässrigen Flüssigkeit als auch deren Viskosität wurden bei den Versuchen nicht oder durch Zusätze von Appreturchemikalien zum Wasser nur geringfügig verändert, so dass sie ohne Einfluss auf das Ergebnis blieben.

Der Wasservorhang wird durch geringe Feststoffverunreinigungen des wässrigen Mediums gestört. Viele der Appreturen, die zum Einsatz kommen sollen, sind jedoch als Dispersionen aufgebaut. Die Empfindlichkeit des Düsensystems gegenüber Partikeln lässt erwarten, dass es zu Ablagerungen am Schlitz innerhalb der Düse kommt, die zu einem Abriss des Wasserfilmes führen. Dies kann auch durch faserige oder partikuläre Verunreinigungen des wässrigen Mediums (wie im Versuch mit der mit Druckluft betriebenen Flüssigkeit durch Verunreinigungen der Druckluft) verursacht werden, wenn überschüssig aufgebrauchte Flotte wieder in das System zurückgeführt wird.

Um die Verunreinigungen in der Düse zu entfernen, ist es nötig, die Schlitzdüse zu zerlegen und gründlich zu reinigen. Dies ist mit einem hohen mechanischen Aufwand verbunden. Auch ist der Schlitz empfindlich gegenüber mechanischer Belastung. Geringfügige Beschädigungen des Edelstahlprofils wirken sich störend auf die Gleichmäßigkeit des Flüssigkeitsfilmes aus. Für einen robusten Praxisbetrieb ist ein solches System daher wenig geeignet, zumal bei jedem Partie- bzw. Appreturwechsel das System geöffnet werden muss, um eine vollständige Säuberung vornehmen zu können.

In der Praxis muss eine Arbeitsbreite von 100 bis 280 cm (bis 400 cm) je nach Warenbreite flexibel einstellbar sein. Das heißt, dass ein Düsensystem aus mindestens 14 nebeneinander angeordneten Düsen bestehen muss. Auch wenn dies technisch zu realisieren ist, so sind die Anschaffungskosten in einer Größenordnung von ca. 140.000 € alleine für die Düsen ohne andere notwendige Technik zu hoch, um einen

Foulard ersetzen zu können und die Wirtschaftlichkeit des Systems, die sich über eine Einsparung an Appreturchemikalien ergeben soll, zu gewährleisten.

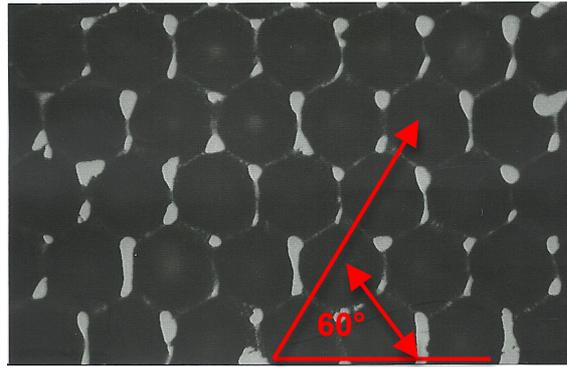
Aus diesen Gründen wurde das Düsensystem nicht weiter verfolgt.

#### 4.4. Entwicklung eines Rasterwalzensystems zum Flottenauftrag

Im Allgemeinen bestehen Rasterwalze aus einem Walzenkern, z.B. einer Stahlwalze und der gravierten Oberfläche. Dem Material der Oberfläche entsprechend wird in Chrom- und Keramikrasterwalzen unterschieden. Bei der Chromrasterwalze besteht nur die äußerste Schicht aus Chrom, das galvanisch auf eine oder mehrere Schichten aus Kupfer und Nickel beschichtet wurde. Keramikschichten werden über ein Plasmabeschichtungsverfahren aufgetragen. Die Keramikrasterwalzen weisen eine höhere Dichte und Festigkeit auf und sind einer mechanischen Beanspruchung stärker gewachsen. Bei den Untersuchungen zur Entwicklung eines Rasterwalzensystems für den Flottenauftrag wurden zunächst **Keramikrasterwalzen** eingesetzt. Entlang von Linien, die parallel und helixartig mit einem 60°-Winkel um den Zylinder angeordnet waren, waren Näpfchen eingraviert. Die Lineatur beträgt dabei 140 L/cm und das Volumen beträgt 9,9 ml/m<sup>2</sup>.

Anordnung und Geometrie dieser Näpfchen beschreiben die Eigenschaft der Rasterwalze, Fluide aufzunehmen und zu transportieren. Über die Beladung der Näpfchen, die Umdrehungsgeschwindigkeit der Rasterwalze und die rheologischen Eigenschaften der Flüssigkeit sowie die Eigenschaften der Ware, kann die auf die Ware aufgebrachte Flottenmenge definiert werden. Das Entleerungsverhalten der Näpfchen wird aber auch bestimmt durch die Geometrie der Näpfchen (Flankenwinkel, Tiefe, Rasterweite u.a.). Eine vollständige Entleerung ist nicht unbedingt möglich. Dies ist am Ende eines Auftrages zu beachten. Die Reinigung der Rasterwalze muss so erfolgen, dass keine Reste an klebenden, partikulären und viskosen Stoffen in den Näpfchen zurückbleiben.

Bei der Anwendung von Rasterwalzen muss ebenfalls darauf geachtet werden, dass die Teilchengröße bei Dispersionen kleiner ist als der kleinste Durchmesser der Näpfchen (Näpfchenöffnung).



**Abbildung 10:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche der verwendeten Keramikrasterwalze. Die Näpfchen haben eine sechseckige Struktur

**Tabelle 3:** Daten der verwendeten Keramikrasterwalze

Material	Keramik mit Stahlkern	Durchmesser der Rasterwalze		
Lineatur	140 L/cm (359 L/inch)	Links	Mitte	Rechts
Winkel	60°	39,950 mm	39,960 mm	39,960 mm
Tiefe	30 µm			
Steg-/Napf-Verhältnis	1:16			
Volumen	9,9 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>			
Ballenbreite	400 mm			

Die Rasterwalze wurde horizontal mit einer Gummiwalze kombiniert, so dass sich zwischen beiden Walzen ein Flüssigkeitszwickel bilden kann. Über diesen Zwickel wurden die Näpfchen der Rasterwalze mit Flotte beladen. Zwei Gummiwalzen standen zur Verfügung.

**Tabelle 4:** Daten der roten Gummiwalze

Kerndurchmesser	20 mm				
Fertigdurchmesser	25 mm	Links	Mitte	Rechts	
Beschichtungstyp	8P1	Durchmesser	25,05 mm	25,06 mm	25,06 mm
Härte	Shore A 80 ± 3°	Parallelität [mm]	0	0,01	0,02
Ballenbreite	400 mm	Rundlaufabw.	0,02	#	0,02

**Tabelle 3:** Daten der grünen Gummiwalze

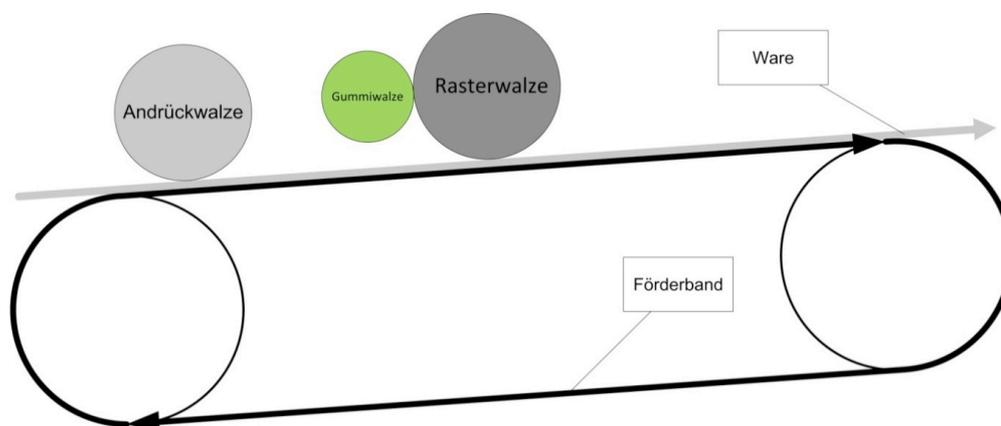
Kerndurchmesser	20 mm				
Fertigdurchmesser	25 mm	Links	Mitte	Rechts	
Beschichtungstyp	9N81	Durchmesser	25,10 mm	25,11 mm	25,12 mm
Härte	Shore A 96°	Parallelität [mm]	0	0,01	0,02
Ballenbreite	400 mm	Rundlaufabw.	0,02	#	0,02

Die im Labor eingesetzte Versuchsanlage besteht aus einem Transportband, mit dem ein spannungsarmer Transport der Warenbahn erfolgen kann. Die gesamte Einheit des Transportbandes lässt sich in Längsrichtung neigen (schiefe Ebene), um

die Versuchsanlage auf verschiedene Warentypen einstellen zu können. Bei allen Versuchen wurde aber eine Neigung von 5° (Steigung) eingehalten. Die Geschwindigkeit des Transportbandes war stufenlos regelbar. Am Wareneinlauf des Transportbandes ist eine Stahlwalze montiert, die leicht auf die Ware drückt und sich durch die Bewegung der Ware in Warenrichtung mitdreht. Dies soll den Kontakt zwischen der Warenbahn und dem Transportband verbessern.

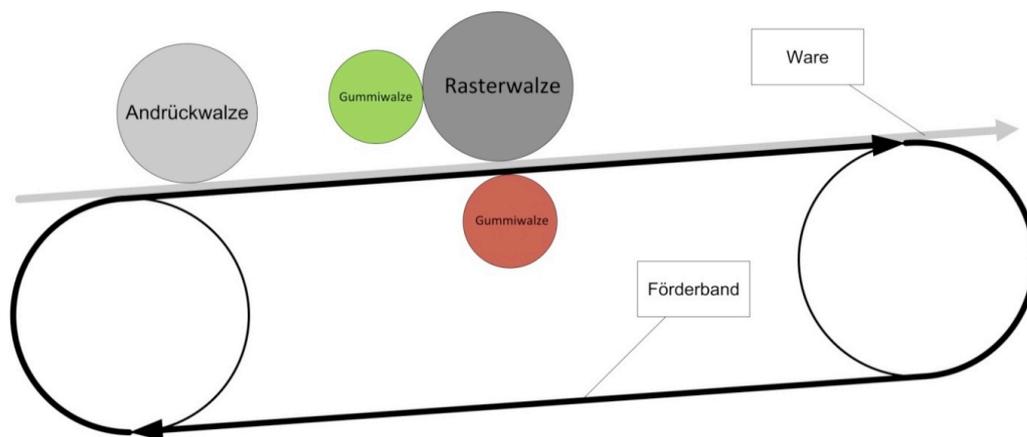
Rasterwalze und Gummiwalze wurden zur Untersuchung der Verhältnisse zum Flottenauftrag an verschiedenen Positionen des Gummituches angebracht. Die Achsen der Rasterwalze und der Gummiwalze lagen für die Ausbildung eines Flüssigkeitszwickels immer auf einer Linie; der Abstand zwischen der Gummiwalze und der Rasterwalze war variabel einstellbar. Auch der Abstand zwischen Rasterwalze und Warenbahn war zu verändern. Die Rasterwalze und Gummiwalze wurden jeweils von einem eigenen Motor angetrieben. Drehrichtung und Umfangsgeschwindigkeit waren unabhängig voneinander einzustellen. Die Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze betrug bei allen Versuchen 5,3 m/min. Dies entsprach der Maximalgeschwindigkeit (100%).

Die Ausrüstungsflotte wurde über die Breite der Rasterwalze changierend im Zwickel verteilt. Der Volumenstrom konnte an Warenart (Saugvermögen) und Flottenauftragsmenge angepasst werden. Hierbei wurde darauf geachtet, dass der Zwickel nicht überläuft bzw. über die Rasterwalze kein Flottenüberschuss auf die Warenbahn aufgetragen wurde. Der nachfolgende Foulard diente ausschließlich zum Transport der Ware. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Anordnungen der Walzen beschrieben.



**Abbildung 11:** Positionierung 1: Rasterwalze mit vorgelagerter Gummiwalze zur Zwickelbildung

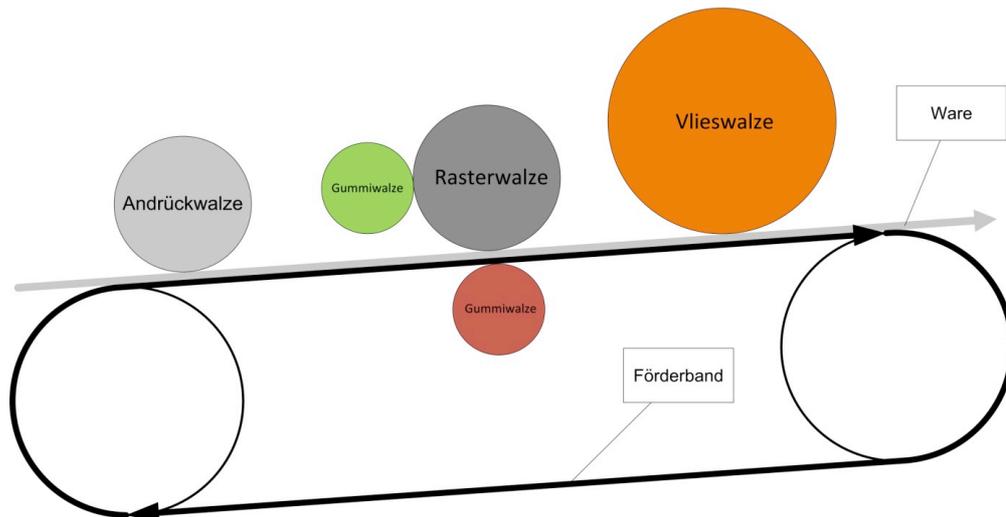
Der Aufbau der Positionierung 1 entspricht dem zuvor beschriebenen Grundaufbau der Versuchsanlage. Der Abstand der Rasterwalze zur Ware wurde verändert durch Verschiebung der Einheit aus Rasterwalze und Gummiwalze vertikal zum Transportband und damit durch Veränderung des Abstandes zwischen Rasterwalze und Ware, die auf dem Gumm Tuch auflag. Variiert wurden auch die Drehrichtung der Rasterwalze und der Gummiwalze sowie der Abstand zwischen Rasterwalze und Gummiwalze. Die Abstände wurden mit Hilfe einer Fühlermesslehre genau eingestellt.



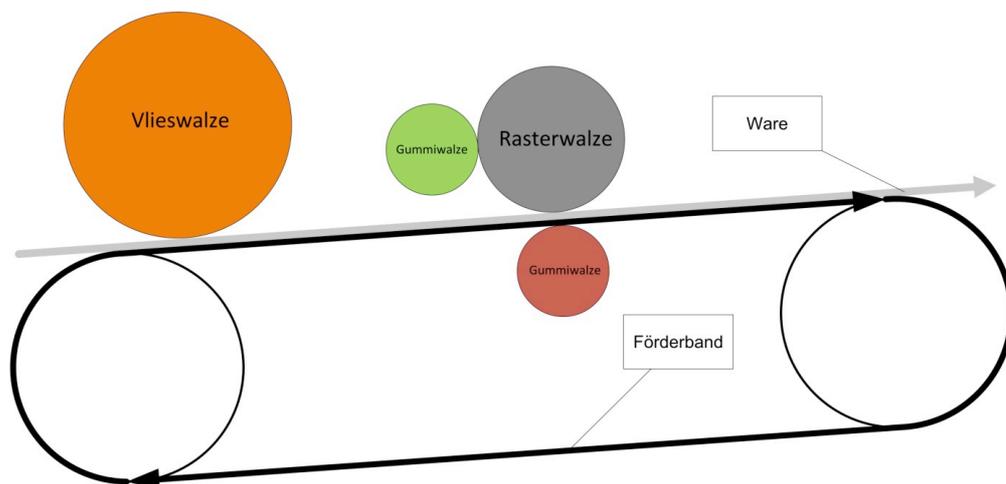
**Abbildung 12:** *Positionierung 2: Rasterwalze mit vorgelagerter Gummiwalze zur Zwickelbildung und unterstützender Gummiwalze zur Vergleichmäßigung des Anpressdruckes der Warenbahn an die Rasterwalze*

Der Grundaufbau der Versuchsanlage wurde in weiteren Versuchen um eine weitere Gummiwalze (rot) erweitert (Positionierung 2), die sich unter dem Transportband befand und horizontal zur Warenoberfläche verschoben werden kann. Erst durch die Einführung dieser (roten) Gummiwalze konnte der Abstand zwischen Warenbahn und Rasterwalze exakt eingestellt werden.

In zwei weiteren Positionierungen (3 und 4) wurde eine Vliesstoffwalze nach- (Positionierung 3) bzw. vorgeschaltet (Positionierung 4). Die Vliesstoffwalze in Positionierung 3 sollte dazu beitragen, einen möglicherweise ungleichmäßigen Flottenauftrag über die Breite zu korrigieren. Die Vliesstoffwalze in Positionierung 4 sollte eine gleichmäßige Entwässerung der Warenbahn bei einem nass-in-nass-Auftragsverfahren (Additivauftrag) bewirken.

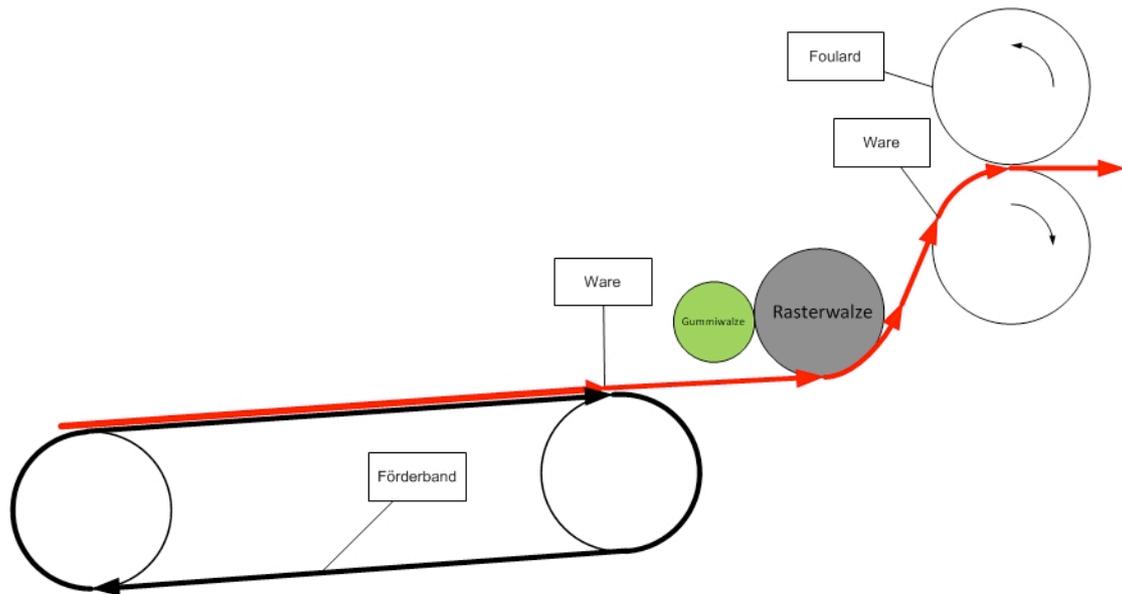


**Abbildung 13:** Positionierung 3: Rasterwalze mit unterer Gummiwalze zur Abstandsregulierung und nachgelagerter Vlieswalze zur Vergleichmäßigung der Flottenaufnahme



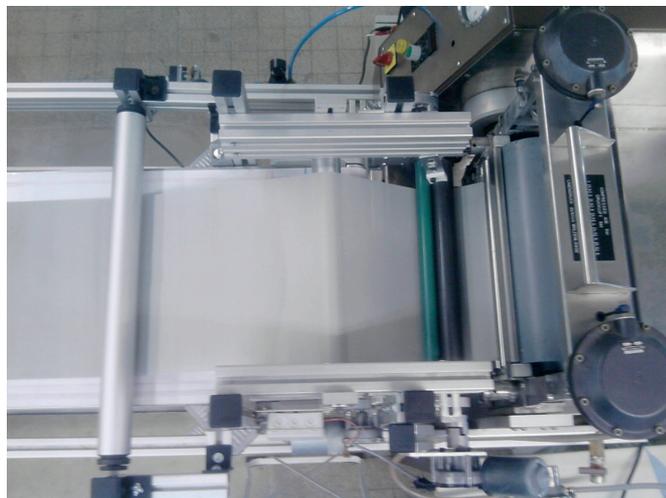
**Abbildung 14:** Positionierung 4: Rasterwalze mit unterer Gummiwalze zur Abstandsregulierung und Vlieswalze als Andrückwalze und zur gleichmäßigen Entwässerung nasser Ware vor der Imprägnierung

In der Positionierung 5 wurden Rasterwalze und Gummiwalze in Warenlaufrichtung hinter dem Förderband angebracht. Die Gummiwalze drückt vor die Rasterwalze, so dass Flotte in den Zwickel eingebracht werden kann. Diese Positionierung hat den Vorteil, dass eine längere Kontaktstrecke von Rasterwalze und Warenbahn variabel eingestellt werden kann und dass keine die Ware durchnässende Flotte auf das Gummiband gelangt. Die nachfolgenden Foulardwalzen wurden nur zum Warentransport benutzt.



**Abbildung 15:** Positionierung 5: Anordnung der Walzen nach dem Transportband mit der Möglichkeit der Umschlingung der Rasterwalze durch die Ware

Zur Unterstützung eines gleichmäßigen Kontaktes der Ware an der Rasterwalze wurden in Warenlaufrichtung vor der Imprägniereinheit zwei zusätzliche Stahlwalzen angebracht, die die Ware leicht spannen und sie kurz vor der Imprägniereinheit nach Oben auslenken. Kontakt zur Ware hat weiterhin nur die Rasterwalze.



**Abbildung 16:** Positionierung 5 mit zusätzlichen Walzen Draufsicht auf die Imprägniereinheit und die Spannwalzen zum Spannen der Warenbahn

Die Versuche werden zuerst immer mit Wasser durchgeführt, das mit einem blauen Dispersionsfarbstoff angefärbt war, um visuell die Gleichmäßigkeit des Flottenauftrages beobachten zu können.

Bei der Positionierung 1 und 2 stellten sich die Einstellungen „Rasterwalzendrehrichtung gegen die Warenrichtung“, „Gummiwalzendrehrichtung mit der Warenrichtung“, „Abstand zwischen den Walzen 0,08 mm“ und „Abstand der Rasterwalze zur

Ware 0,08 mm als gute brauchbare Kombination heraus. Wurde die Drehrichtung einer der beiden Walzen umgekehrt, kam es zu einem nicht kontrollierbaren Durchbruch der Flotte durch den Zwickel auf die Warenbahn.

**Tabelle 5:** *Auswirkung der Walzendrehrichtungen und des Walzenabstandes auf den Flottenauftrag bei den Positionierungen 1 und 2; Abstand Rasterwalze/Ware = 0,08 mm, Abstand der Walzen zueinander: 0,08 mm; Keramik-rasterwalze*

Drehrichtung der Walzen	Abstand der Rasterwalze zur Gummiwalze 0,05 mm	Abstand der Rasterwalze zur Gummiwalze 0,08 mm
Rasterwalze gegen die Warenrichtung Gummiwalze gegen die Warenrichtung	Flotte tropf von der Gummiwalze, ungleichmäßiger Auftrag	Flotte fließt zwischen den Walzen auf die Ware; ungleichmäßiger Auftrag
Rasterwalze gegen die Warenrichtung Gummiwalze mit der Warenrichtung	Flotte tropft von der Gummiwalze	Flotte wird teilweise über die Gummiwalze mitgenommen und tropft auf die Ware, Flottenauftrag jedoch akzeptabel
Rasterwalze mit der Warenrichtung Gummiwalze mit der Warenrichtung	Flotte wird ungleichmäßig auf die Ware aufgetragen, sehr geringe Auftragsmenge	Flotte läuft zwischen den Walzen direkt auf die Ware
Rasterwalze mit der Warenrichtung Gummiwalze steht	Flüssigkeitsdepot zwischen den Walzen; Flotte ist auf der Ware ungleichmäßig aufgetragen; Flotte läuft unkontrolliert auf die Ware	Flotte läuft direkt auf die Ware, ungleichmäßig
Rasterwalze gegen die Warenrichtung Gummiwalze steht	Flüssigkeitsdepot zwischen den Walzen; Flotte ist auf der Ware ungleichmäßig und minimal aufgetragen	Flüssigkeitsdepot zwischen den Walzen, Flotte wird ungleichmäßig aufgetragen bzw. Rasterwalze transportiert zu wenig Flotte
Rasterwalze mit der Warenrichtung Gummiwalze gegen die Ware	Flotte wird schnell auf die Ware übertragen, ungleichmäßiger Auftrag	Flotte läuft direkt auf die Ware

Als Problem erweist sich, dass die Flotte durch Anhaften an der grünen Gummiwalze von dieser mitgenommen wird und anschließend auf die unausgerüstete Ware gelangt. Erst durch die Anbringung der zusätzlichen (roten) Gummiwalze unter dem Gummituch und Anpressen der Ware an die Rasterwalze wird der Flottenauftrag über die Breite der Ware vergleichmäßig.

Bei der Ausrüstung von Baumwollware werden fasrige Anteile der Baumwolle von der Rasterwalze während des Auftrags mitgenommen und im Spalt zwischen der Raster- und der Gummiwalze abgelagert. Dies führt zu einer zunehmenden Verstopfung des Spaltes zwischen den Walzen.

Nachfolgend werden einige Ausrüstungsversuche, die im Labormaßstab durchgeführt wurden, beschrieben. Mit dem Versuchsaufbau aus Abschnitt 6.3.2 werden PES-Wirkwaren und Baumwollwebware mit Textilhilfsmittel ausgerüstet.

**Tabelle 6:** *Ausrüstung von Polyesterwirkware und Baumwollgewebe mit einer Fluorcarbonausrüstung, mit einem Antistatikum und als Flammschutz. Positionierung 2; Beschreibung der Zusammensetzung und der Eigenschaften der Appreturen*

Art der Ausrüstung	Fluorcarbon FC	Antistatikum AS	Flammschutz F
Konzentration	30 g/L	20 g/L	100 g/L
pH-Wert	5,8	4,6	3,6
Leitfähigkeit	26 µS/cm	22 µS/cm	26 µS/cm
Temperatur	20°C	20°C	20°C
CSB der Flotte	17.800 mg/L	5.700 mg/L	19.600 mg/L
Oberflächenspannung	45,4 - 46,4 mN/m	29,8 - 31,9 mN/m	52,0 - 52,6 mN/m
Viskosität (200 RPM, Messteil 61)	4,1 cP	3,9 cP	5,3 cP
Trocknungstemperatur	150°C	150°C	120°C

**Tabelle 7:** *Eigenschaften und Ausrüstungsergebnisse der für die Appretur verwendeten Materialien; Rasterwalze dreht gegen die Warenrichtung, grüne Gummiwalze dreht mit der Warenrichtung; Abstand walzen zueinander: 0,08 mm, Abstand Rasterwalze zur Ware: 0,08 mm; Umfangsgeschwindigkeit der Rasterwalze 4,5 m/min, der grünen Gummiwalze 2,2 m/min; **Keramik-rasterwalze***

Warenart [Artikel]	Flächen- gewicht [g/m <sup>2</sup> ]	Ausrü- stungs- art	erzielter Flottenauftrag %	Bemerkungen
PES-Wirkware [47]	126	FC, F	20 bis 80	gleichmäßige Benetzung bei höheren FA und absolut ungleichmäßig bei niedrigen FA
PES-Wirkware [78]	126	F, FC	10 bis 60	deutlich vermehrte trockene Stellen
PES-Wirkware [910]	120	FC, AS	nass-in-nass 10 bis 80	ungleichmäßige Verteilung der Flotte. Die Ränder nehmen mehr Flotte als die Mitte.
PES-Wirkware [402]	146	F, FC	nass-in-nass 10 bis 77	ungleichmäßige Benetzung mit vereinzelt trockenen Stellen
PES-Wirkware [913]	40	AS, F	--	Ware wird in den Zwickel gezogen
PES-Wirkware [006]	88	FC	30 bis 100	Ware wird bei Faltenbildung in den Zwickel gezogen; Faltenbildung wird durch Friktion mit der Rasterwalze hervorgerufen
98%CO/2%Ly-Gewebe	234	F	30 bis 50	Stärkere Saugkraft der Baumwolle erfordert höheres Flottenangebot FA < 30% führt zu ungleichmäßiger Verteilung

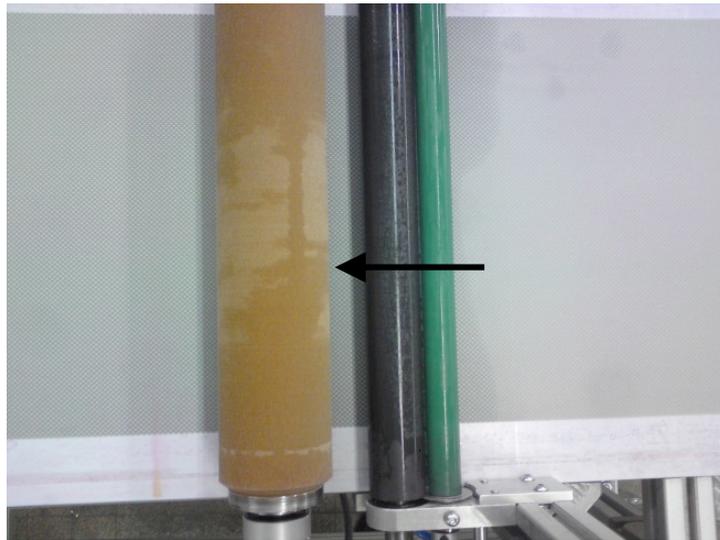
Bei der Imprägnierung der Polyesterwirkware kann der Zwickel zwischen der grünen Gummiwalze und der Rasterwalze eine geringe Flottenhöhe haben, da die normale Beladung der Rasterwalze ausreicht, um die Flotte in gewünschter Menge und gleichmäßig auf die Ware zu übertragen.

Für die Ausrüstung der Baumwollwebware zeigt sich, dass die Drehrichtung „Rasterwalze gegen die Ware, Gummiwalze mit der Ware“ die Einstellung mit den besseren Resultaten ist. Bei der Imprägnierung der Baumwollwebware wird für eine gleichmäßige Ausrüstung ein hoher Füllstand des Zwickels benötigt. Die Baumwollwebware nimmt die Flotte im Gegensatz zur PES-Wirkware jedoch weniger gut von der Rasterwalze ab und sie muss bedingt durch das höhere Trockengewicht eine größere Menge Flotte bei gleicher relativer Flottenaufnahme mitnehmen.

Bei einem hohen Füllstand im Zwickel kommt es durch Übertragung der mit der Warenrichtung drehenden Gummiwalze zur Tropfenbildung. Bei langsamer Geschwindigkeit kommt es deswegen auch zu einem Klebeeffekt der Ware an der Gummiwalze, vergleichbar mit leichter PES-Wirkware, die wegen der Friktion an der gegenläufig drehenden Rasterwalze Falten wirft. Auch die Baumwollwebware wird durch die gegen die Warenlaufrichtung drehende Rasterwalze aufgeschoben und in den Spalt zwischen den Walzen gedrängt.

Wird die Drehrichtung von Gummiwalze und Rasterwalze gleichermaßen mit der Warenrichtung gewählt, erweist sich ein Abstand der Walzen zueinander von 0 mm als optimal für die Übertragung der Flotte über die Rasterwalze auf die Warenbahn.

In der Positionierung 3 war eine Vliesstoffwalze in Warenrichtung hinter der Rasterwalze angeordnet. Dadurch sollte die Penetration der Flotte in die Ware verbessert und überschüssige Flotte von der Ware entfernt werden. Dadurch dass die Vliesstoffwalze mit ihrem Eigengewicht auf die Ware drückt, wird die auf die Ware aufgetragene Flotte tiefer in das Material gepresst. Eine sonst verzögerte vollständige Flottenaufnahme durch die Ware wird durch das Andrücken beschleunigt. Unterschiede in der Flottenaufnahme über die Breite der Ware werden durch die Vlieswalze ausgeglichen, da die Vliesstoffwalze aus den Bereichen mit einem hohen Flottenauftrag verhältnismäßig mehr Flotte wegnimmt und „speichert“. Dies ist aber gleichzeitig ein Nachteil, da die Dauer der Verwendbarkeit der Vlieswalze durch die aufgenommene und nur schwer entfernbare Ausrüstung eingeschränkt wird. Eine beispielsweise mit einem Hydrophobierungsmittel belastete Vlieswalze verändert ihre Saugfähigkeit erheblich und ist durch Auswaschen der adsorbierten Appreturmittel nur mit großem Aufwand wieder in den Ausgangszustand zurückzuführen.



**Abbildung 17:** Die Vliesstoffwalze in der Positionierung 3 (links im Bild) nimmt den Flottenüberschuss aus den Rändern der Ware auf (dunklerer Bereich auf der Vlieswalze); **Keramikrasterwalze**

Die in der Positionierung 4 eingesetzte Vliesstoffwalze (vor der Imprägniereinheit) hat die Warenbahn in der erwünschten Weise an das Förderband angedrückt und kann auch zur gleichmäßigen Entwässerung durch Erhöhung des Anpressdruckes verwendet werden. Aufgrund ihrer hohen Masse muss die Vliesstoffwalze jedoch angetrieben werden und – um Friktion und Faltenbildung zu vermeiden – in exakt der gleichen Geschwindigkeit wie das Förderband bewegt werden. In der Versuchseinrichtung konnte dies nicht realisiert werden, weswegen diese Versuche nicht weitergeführt wurden.

Abschließend zu den Laborversuchen wurde die Anordnung der Rasterwalze so gewählt, dass eine Kontaktfläche zwischen Warenbahn und Rasterwalzenoberfläche variabel einzustellen ist (Positionierung 5 und 6). Zunächst wird eine geringe Kontaktfläche dadurch hergestellt, indem die Warenbahn tangential an die Rasterwalze angelegt wird. Anschließend wird die Ware in gebundener Form mit entsprechender Warenspannung in Kontakt mit der Rasterwalze gebracht, dass eine größere Kontaktfläche entsteht und damit eine Verlängerung der Kontaktzeit resultiert.

Damit konnte der Übertrag der Flotte von der Rasterwalze auf die Ware optimiert werden. Der Flottenauftrag auf die Ware ist gleichmäßiger und die Benetzung der Ware durchdringender.

Mit dieser Einstellung der Warenführung um die Rasterwalze und bei Wahl der Drehrichtung der grünen Gummiwalze gegen die und der Rasterwalze mit der Wa-

renlaufrichtung konnte die PES-Wirkware [910] mit einem Flammschutzmittel bei einer Warengeschwindigkeit von 2,5 m/min mit 54% Flottenaufnahme imprägniert werden. Wird die Warengeschwindigkeit auf 2 m/min reduziert, erhöht sich die Flottenaufnahme auf 59%. Bei einer Warengeschwindigkeit von 3 m/min beträgt die Flottenaufnahme 30%.

Wird die Drehrichtung der Rasterwalze gegen die Warenlaufrichtung eingestellt und die der grünen Walze mit der Warenlaufrichtung, wird bei einer Warengeschwindigkeit von 2 m/min auf der Warenunterseite eine Flottenaufnahme von 56% erreicht werden und auf der Warenoberseite eine Flottenaufnahme von 39%. Die Ausrüstung zeigte auf der Warenunterseite jedoch ca. alle 3 cm weniger benetzte Querstreifen.

Die Ausrüstung mit einem Flammschutzmittel einer PES-Wirkware konnte durch Wahl der Drehrichtung der grünen Walze gegen die Warenlaufrichtung und der Rasterwalze mit der Warenlaufrichtung mit einer Flottenaufnahmen von 64% bei einer Warengeschwindigkeit von 1,5 m/min bzw. 43% bei 2,0 m/min realisiert werden.

Eine Hydrophobierung dieser Ware bei umgekehrter Drehrichtung der beiden Walzen führte bei einer Warengeschwindigkeit von 2 m/min zu einer Flottenaufnahme von 62%.

Die Oberseite und die Unterseite anderer PES-Wirkwaren ließen sich mit dem Hydrophobierungsmittel und auch mit dem Flammschutzmittel nur unzureichend benetzen. Eine Ausrüstung dieser Waren ist jedoch in Foulardapplikation möglich.

Durch Hinzunahme der Stahlwalzen zur (leichten) Erhöhung der Warenspannung und Optimierung der Umschlingung der Rasterwalze wird die Gleichmäßigkeit im Flottenauftrag noch einmal verbessert. Bei einer Ausrüstung einer PES-Wirkware mit Hydrophobierungsmittel wird bei einer Warengeschwindigkeit von 2 m/min und der Drehrichtung der Gummiwalze mit der Warenlaufrichtung und der Rasterwalze gegen die Warenlaufrichtung eine Flottenaufnahme von 60% erreicht. Bei der Ausrüstung mit Flammschutzmittel wird bei gleicher Einstellung eine Flottenaufnahme von 71% erreicht.

Werden die Drehrichtungen der Walzen umgekehrt, wird bei der Flammschutz-ausrüstung die Flottenaufnahme auf 33% und bei der Hydrophobierung auf eine Flottenaufnahme von 51% gesenkt.

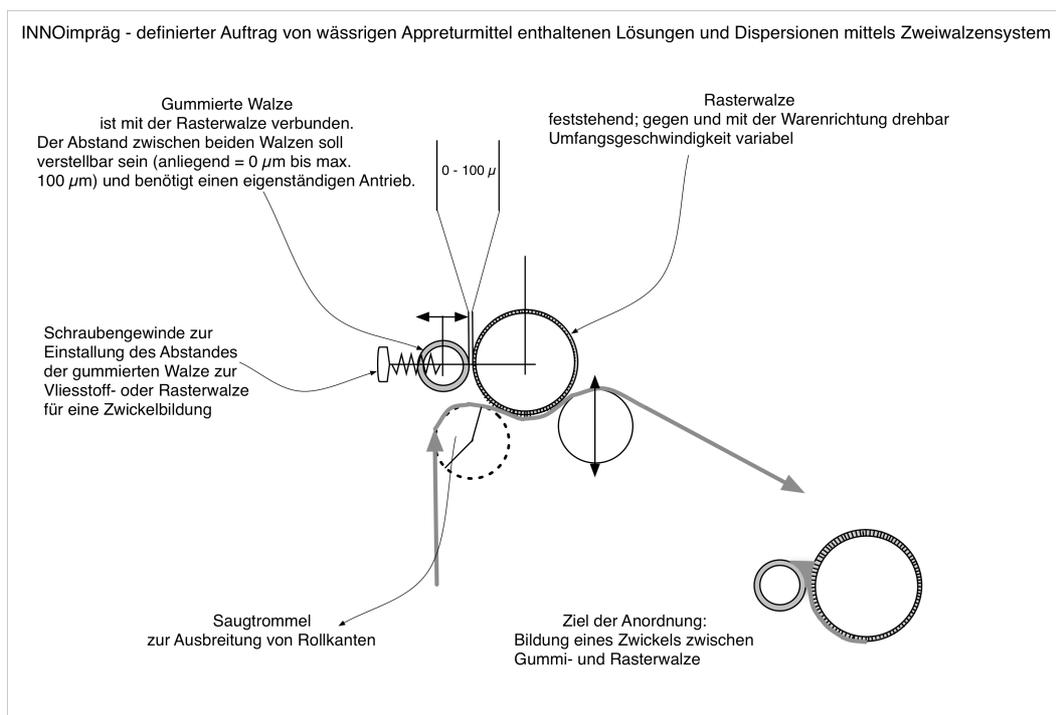
Vorder- und Rückseite der Wirkware weisen eine unterschiedliche Benetzung auf. Sowohl bei der Flammenschutz- als auch bei der Hydrophobausrüstung fielen bei gleichen Maschineneinstellungen die Flottenaufnahmen der Warenrückseite wesentlich höher aus.

Die Flottenaufnahme der Ware weist bei allen Versuchen eine Differenz über die Breite der Ware auf. In den Randbereichen der Ware ist die Flottenaufnahme auffällig höher als in der Mitte der Ware. Dies hat ihre Ursache in der Konstruktion der Versuchsanlage. Die Walzen haben alle eine Arbeitsbreite von 400 mm, die zu den Versuchen verwendeten Waren jedoch nur eine Breite von 300 mm. Da der Zwickel zwischen Rasterwalze und Gummiwalze seitlich nicht begrenzt war, stand die von der Rasterwalze mitgenommene Flotte an den Rändern der Ware zusätzlich zur Verfügung.

Durch die fehlende Seitenbegrenzung des Zwickels kam es zum seitlichen Abfluss von Flotte. Der experimentell ermittelte Flottenverbrauch war daher immer höher als der gravimetrische über die Differenz aus trockener und imprägnierter Ware ermittelte.

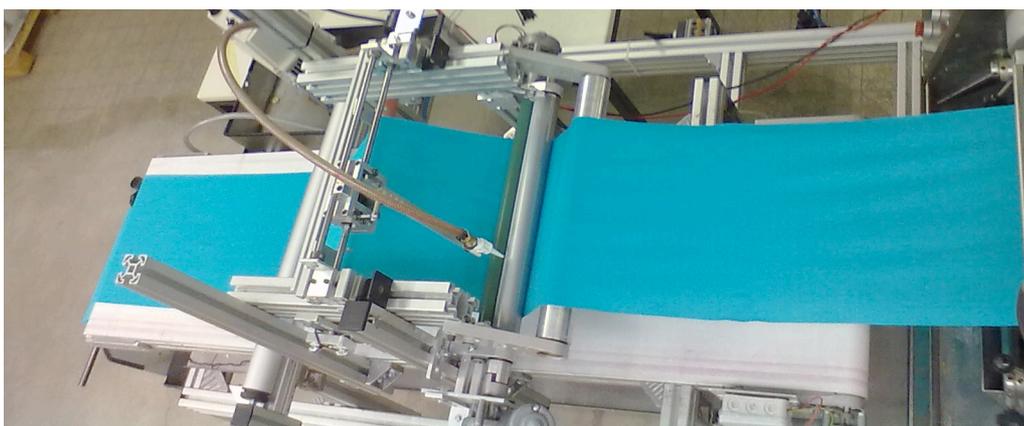
Die Ausrüstung von Polyester-Wirkware und Baumwollwebwaren mit unterschiedlichen Appreturen zu verschiedenen Flottenaufnahmen war mit der Laborversuchsanlage mit Erfolg möglich. Probleme bereiteten sehr leichte, elastische Waren, die durch die Friktion an der Rasterwalze oder durch die Klebewirkung von an der Gummiwalze anhaftenden Appreturmitteln gestaucht wurden und zur Faltenbildung neigten.

Für den Einsatz einer **Chromrasterwalze**, die im Unterschied zur Keramikrasterwalze eine ausschließlich linienförmige Gravur (Winkel zur Achse  $45^\circ$ , Flankenwinkel  $80^\circ$ , Volumen  $20 \text{ mL/m}^2$ ) aufweist, wurde die Laborimprägniereinrichtung noch einmal umgestellt. Das Walzenpaar Gummiwalze und Rasterwalze befindet sich nunmehr oberhalb der Gleitebene. Die Warenführung erfolgt derart, dass eine weitgehende Umschlingung der Rasterwalze ermöglicht wird. Die Saugtrommel als Leitwalze vor der Rasterwalze ist bei der Laboranlage nicht als Saugtrommelwalze ausgebildet. Die Stahlwalze nach der Rasterwalze war in der Höhe verstellbar; damit konnte ein unterschiedlicher Umschlingungswinkel der Warenbahn um die Rasterwalze realisiert werden. Rasterwalze und gummierte Walze waren in der Geschwindigkeit und Drehrichtung unabhängig voneinander einzustellen. Lineatur der Chromrasterwalze  $L = 100/\text{cm}$ .



**Abbildung 18:** Anordnung der **Chromrasterwalze** zusammen mit der gummierten Walze zur Imprägnierung von Warenbahnen. Die Stahlwalze hinter der Rasterwalze ist höhenverstellbar eingerichtet

Nachfolgend ist die Laboranlage aus der Vogelperspektive fotografisch dargestellt. Für die Versuche wurde eine blau gefärbte Polyesterwirkware eingesetzt.



**Abbildung 19:** Bild der Laboranlage: Anordnung der **Chromrasterwalze** zusammen mit der gummierten Walze (grün) und nachfolgende, in der Höhe verstellbare Stahlwalze zur Ausbildung einer Umschlingung der Rasterwalze durch die Warenbahn

Versuchsbedingungen zur „**trocken-in-nass**“-Ausrüstung von Polyesterwirkwaren:

Walzengeschwindigkeit der Rasterwalze 100% (entsprechend 5,3 m/min); Drehrichtung der Rasterwalze und grünen Walze mit der Warenrichtung

Warengeschwindigkeit: 8,4 m/min

Flottenaufnahme der Polyesterwirkware 006 (88 g/m<sup>2</sup>):           ø 52%

Flottenaufnahme der Polyesterwirkware 402 (146 g/m<sup>2</sup>):           ø 23%

Alle Werte der Flottenaufnahme sind Mittelwerte aus > 10 Versuchen.

Die von den in ihren Flächengewichten unterschiedlichen Wirkwaren aufgenommenen Flottenvolumina sind entgegen der Erwartung nicht gleich. Die Flottenaufnahme der schwereren Wirkware lag bei 34 g/m<sup>2</sup>, die der leichteren Wirkware bei 46 g/m<sup>2</sup>. Es ist also über das Warengewicht, die Geschwindigkeit der Rasterwalze und die Warengeschwindigkeit keine auf andere Warengewichte übertragbare Flottenaufnahme zu berechnen.

Wird die Geschwindigkeit der Rasterwalze um 25% auf 3,9 m/min reduziert, so werden auch niedrigere Flottenaufnahmen festgestellt:

Flottenaufnahme der Polyesterwirkware 006 (88 g/m<sup>2</sup>):           ø 35%

Flottenaufnahme der Polyesterwirkware 402 (146 g/m<sup>2</sup>):           ø 19%

Alle Werte der Flottenaufnahme sind Mittelwerte aus > 10 Versuchen.

Wird die Geschwindigkeit der Rasterwalze auf 50% entsprechend 2,8 m/min reduziert, so folgt die Flottenaufnahme allerdings nicht in gleichem Maße:

Flottenaufnahme der Polyesterwirkware 006 (88 g/m<sup>2</sup>):           ø 28%

Flottenaufnahme der Polyesterwirkware 402 (146 g/m<sup>2</sup>):           ø 18%

Alle Werte der Flottenaufnahme sind Mittelwerte aus > 10 Versuchen.

Auch zur „**nass-in-nass**“-Ausrüstung wurden Versuche mit Polyesterwirkwaren durchgeführt.

Walzengeschwindigkeit der Rasterwalze 25% (entsprechend 1,4 m/min); Drehrichtung der Rasterwalze und grünen Walze mit der Warenrichtung

Warengeschwindigkeit: 8,4 m/min

Die Ausrüstung erfolgte mit einem Hydrophobierungsmittel (30 g/L); der Flotte wurde ein Netzmittel (1,5 g/L) zugegeben. Die Warenbahn war vorher nur mit einem Netzmittel auf einen Feuchtegehalt von 20% eingestellt worden.

Flottenaufnahme additiv (nass-in-nass):                                   ø 27%

Gesamtflottenaufnahme (1: trocken-in-nass; 2: nass-in-nass): ø 50%

Für eine gleichmäßige Imprägnierung erwies sich ein Zusatz eines Netzmittels als notwendig. Dies hatte keine Auswirkungen auf den Effekt der Wasserabweisung bei einer Hydrophobierung.

Zusammenfassung der Laborversuche zum Einsatz von Rasterwalzen:

Verschiedene Anordnungen von Rasterwalzen wurden im Labormaßstab zur Imprägnierung von Baumwollgeweben und insbesondere von im Flächengewicht unterschiedlichen Polyesterwirkwaren untersucht.

Mit Rasterwalzen konnten im direkten Kontakt mit der Warenbahn gleichmäßige Flottenaufträge erzielt werden, so weit dies die vorhandene technische Einrichtung der Labortechnik und die damit verbundene Präzision zuließ. Durch die Anordnung einer gummierten Walze mit kleinerem Walzendurchmesser parallel zur Rasterwalze konnte ein Zwickel für den Flottenvorrat gebildet werden. Die Zuführung der Flotte erfolgte über einen entlang des Zwickels changierenden Schlauches, die Dosierung der Flotte mit einer Zahnrad- oder Schlauchpumpe. Letztere ist wegen der einfacheren Reinigung zu bevorzugen.

Der Flottenauftrag war abhängig von der Drehrichtung Rasterwalze und der gummierten Walze mit oder gegen die Richtung der Fortbewegung der Warenbahn. Die bei gegenläufiger Bewegungsrichtung entstehende Friktion zwischen Rasterwalze und Warenoberfläche führte insbesondere bei sehr leichten und offenen Wirkwarenstrukturen zu Verschiebungen und zur Faltenbildung. Als optimale Anordnung erwies sich ein System mit zusätzlichen Leitwalzen, mit dem eine definierte Umschlingung der Rasterwalze ermöglicht wurde.

Der Flottenauftrag konnte von 60% (durchdringende Benetzung) ausgehend bis 10% gleichmäßig realisiert werden. Mit abnehmendem Flottenauftrag wird das Bild der benetzten Oberfläche unruhiger, trockene und wenig benetzte Stellen nehmen zu. Auf die benetzte Seite beschränkte Ausrüstungseffekte konnten nicht beobachtet werden.

Die Nöpfchen bzw. Linien der Rasterwalze werden beim Kontakt mit der Ware nicht vollständig entleert. Bei jedem Flottenwechsel muss daher eine gründliche Reinigung mit Wasser (und Netzmittel) erfolgen, um die Rasterwalze in den Ausgangszustand zurückzuführen. Das System mit der Zwickelanordnung erwies sich hierfür als robust und gut zugänglich.

#### **4.5. Durchführung von Versuchen mit einem Rasterwalzensystem unter Praxisbedingungen**

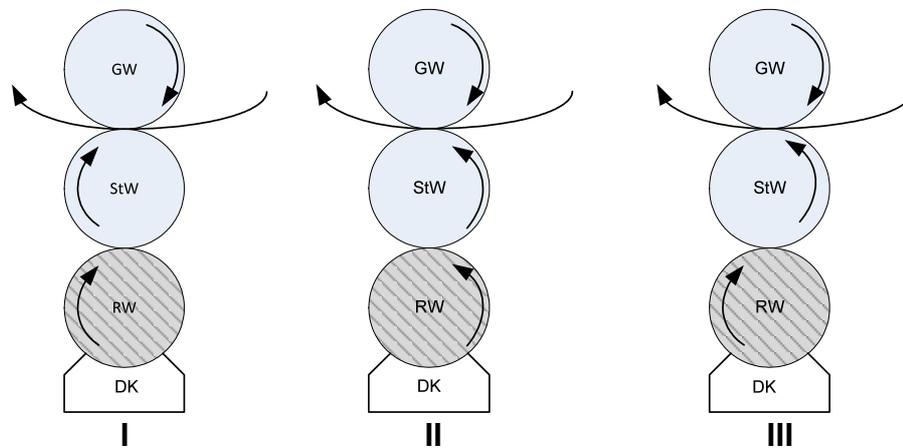
Ziel der Versuche war ein möglichst einseitiger, gleichmäßiger Auftrag der Appreturflotten auf eine Warenbahn mit Hilfe von Rasterwalzen, die mit weiteren Walzen in Kombination angeordnet waren. Die Versuche wurden auf einer Technikumsanlage eines Herstellers von Papierbeschichtungsanlagen durchgeführt. Die Warenbahn konnte nicht ohne Spannung durch das Auftragswerk geführt werden. Daher konnten keine Versuche mit hoch elastischen Maschenwaren durchgeführt werden. Für die Versuche wurden Baumwollgewebe, Polyester-Maschenwaren und ein Gardinenstoff von verschiedenen Textilunternehmen zur Verfügung gestellt. Die Versuchsbedingungen waren mit Produktionsbedingungen vergleichbar. Es wurden unterschiedliche Maschineneinstellungen gewählt, um den Einfluss auf die Flottenaufnahme und die Gleichmäßigkeit der Imprägnierung zu untersuchen.

Die Flotte wurde bei der im Technikum eingerichteten Anlage aus einem Ansatzbehälter in eine Druckkammer (DK) gepumpt. Die über einen Schlitz austretende Flotte verteilt sich über die Breite der Rasterwalze (RW). Hierbei werden die Rasterlinien gefüllt. Ein Überschuss an Flüssigkeit wird in den Ansatzbehälter zurückgeführt. Die Rasterwalze kann unmittelbar oder über weitere Walzen (Stahlwalze StW, Gummwalze GW) in Kontakt mit der Ware kommen. Alle Walzen sind verstellbar und voneinander getrennt steuerbar, um den gewünschten Auftrag über das Einstellen verschiedener Parameter genau zu definieren.

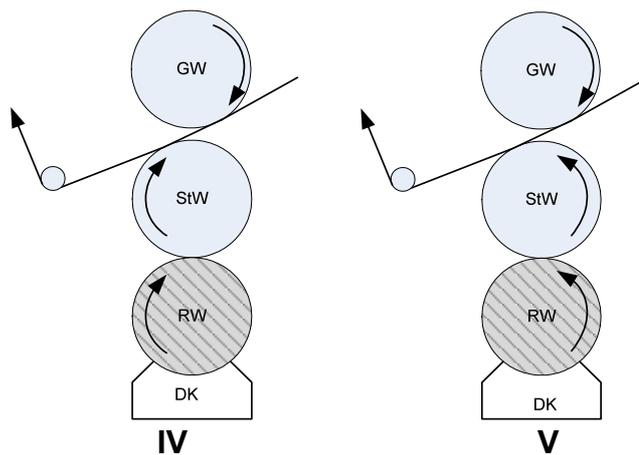
Aufgrund der Ergebnisse der Laborversuche kamen nur zwei Rasterwalzen mit einer Lineatur von 100 L/cm und 80 L/cm in Betracht.

Als Qualitätskriterium für den Flottenauftrag diente die Flottenaufnahme, die über die Warenbreite der Textilbahn durch Auswiegen der benetzten Proben im Vergleich zum Trockengewicht ermittelt wurden, und zusätzlich eine visuelle Begutachtung der Gleichmäßigkeit der Benetzung der Warenbahn.

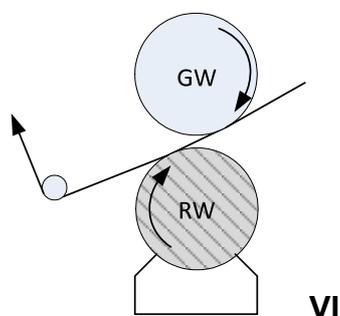
Die Walzen und Ihre Drehrichtungen wurden in den Versuchen nach folgenden Abbildungen kombiniert.



**Abbildung 20:** Schematische Darstellung der Grundanordnung der Walzen während der Versuche. Die Flotte wurde mit unterschiedlichem Kammerdruck über die Rasterwalze und die Stahlwalze auf die Ware übertragen. Die Richtung und Geschwindigkeit der Walzen wurde variiert.



**Abbildung 21:** Schematische Darstellung des Kiss-Coat-Betriebes der Walzen während der Versuche. Die Flotte wurde mit unterschiedlichem Kammerdruck über die Rasterwalze und die Stahlwalze auf die Ware übertragen. Die Richtung und Geschwindigkeit der Walzen wurde variiert.



**Abbildung 22:** Schematische Darstellung zum direkten Auftrag der Flotte von der Rasterwalze auf die Warenbahn als Kiss-Coat. Die Flotte wurde mit unterschiedlichem Kammerdruck über die Rasterwalze und die Stahlwalze auf die Ware übertragen. Die Richtung und Geschwindigkeit der Walzen wurde variiert.

**Daten der verwendeten Rasterwalzen**

	Rasterwalze 100 L/cm*	Rasterwalze 80 L/cm
Lineatur:	100 L/cm	80 L/cm
Volumen:	10 mL/m <sup>2</sup>	20 mL/m <sup>2</sup>
Breite:	1.300 mm	1.300 mm
Durchmesser:	250 mm	250 mm

Die Drehgeschwindigkeit der Walzen wurde in Prozent angegeben und stand in Relation mit der Warengeschwindigkeit, d.h. wenn die Warengeschwindigkeit 10 m/min betrug, dann entsprach dies einer Walzengeschwindigkeit von 100%.

\* Die Rasterwalze 100 L/cm wurde anfangs nur für Baumwollgewebe eingesetzt. Da sie aber nur zu geringen Flottenaufnahmen und zu Ungleichmäßigkeiten bei der Benetzung der Ware führte, wurde sie für die anderen Versuche gegen die Rasterwalze mit 80 L/cm ausgetauscht.

**Tabelle 8:** Anwendung der Rasterwalzen mit den Lineaturen 100 L/cm (*rot gekennzeichnete Versuche*) und 80 L/cm zur Benetzung von Baumwollgewebe (98% CO/2% EL; vorbehandelte und gebleichte Ware)

Anordnung der Walzen nach oben abgebildeter Nummerierung	Waren- ge- schwin- digkeit	Kam- mer- druck	V <sub>StW</sub>	V <sub>RW</sub>	Flottenaufnahme Warenbereich			Begutachtung Benetzung
	m/min	kPa	%	%	links %	Mitte %	rechts %	
I	10	32	150	200	24	23	27	(R: L100) trockene Stellen
IV	10	32	100	150	26	26	30	(R: L100) trockene Stellen
III	10	32	100	150	12	11	12	(R: L100) gleichmäßig
II	10	32	100	200	16	17	19	(R: L 80) gleichmäßig
V	10	50	105	100	27	27	27	(R: L 80) gleichmäßig
V	20	50	105	100	51	50	53	(R: L 80) gleichmäßig
V	40	50	105	100	28	30	30	(R: L 80) gleichmäßig
V	40	50	105	150	33		35	(R: L 80) gleichmäßig
V	20	50	105	100	40		40	(R: L 80) gleichmäßig
V	40	50*	105	100	44		45	(R: L 80) gleichmäßig

\*Eine Erhöhung des Kammerdrucks auf 65 kPa führte zu keiner höheren Flottenaufnahme.

**Tabelle 9:** Anwendung der Rasterwalzen mit der Lineatur 80L/cm zur Benetzung von Polyesterwirkware (127 g/m<sup>2</sup> Flächengewicht, gefärbte nicht ausgerüstete Ware)

Anordnung der Walzen nach oben abgebildeter Nummerierung	Waren-geschwin-digkeit	Kam-mer-druck	v <sub>StW</sub>	v <sub>RW</sub>	Flottenaufnahme Warenbereich			Begut-achtung Benetzung
	m/min	kPa	%	%	links %	Mitte %	rechts %	
I	10	7	150	200	23		26	ungleichmä-ßig
IV	10	7	150	200	19		20	gleichmäßig, trockene Stellen
V	10	7	105	200	18		19	gleichmäßig
V	10	22	105	200	23		24	gleichmäßig
V	10	53	105	200	20		20	ungleichmä-ßig
V	20	22	105	200	34		35	ungleichmä-ßig, Streifen
V	20	22	150	200	29		31	gleichmäßig
V	40	22	150	200	4		3	kaum be-netzt
V	40	53	150	200	20		24	trockene Stellen
V	40	65	150	200	27		28	gleichmäßig
V	30	53	150	200				Streifen
VI	20	23	150	200	22		26	fast gleich-mäßig
VI	30	23	100	200	12		18	trockene Stellen
VI	40	23	100	200	8		11	Streifen, trockene Stellen
VI	30	30	100	175	29		34	ungleichmä-ßig
VI	40	30	100	175	11		21	Streifen, ungleichmä-ßig
nachfolgend Gardinenstoff PES/CO, Flächengewicht 131 g/m <sup>2</sup> , Breite 121 cm								
VI	10	15	150	200	20		58	Streifen
VI	20	6	150	200	15		21	ungleichmä-ßig

Der direkte Flottenauftrag über die Rasterwalze fiel im Gegensatz zu den Laborversuchen weniger gut aus. Es gelang nicht, eine gleichmäßige, streifenfreie und ohne trockene Stellen benetzte Warenoberfläche herzustellen. Die Kiss-Coat-Fahrweise, bei der eine Stahlwalze einen indirekten Übertrag der Flotte von der Rasterwalze auf die Ware besorgte und bei der eine Gummiwalze den Gegendruck auf die abgewandte Warenbahnseite darstellte, erwies sich als optimalere der untersuchten Möglichkeiten.

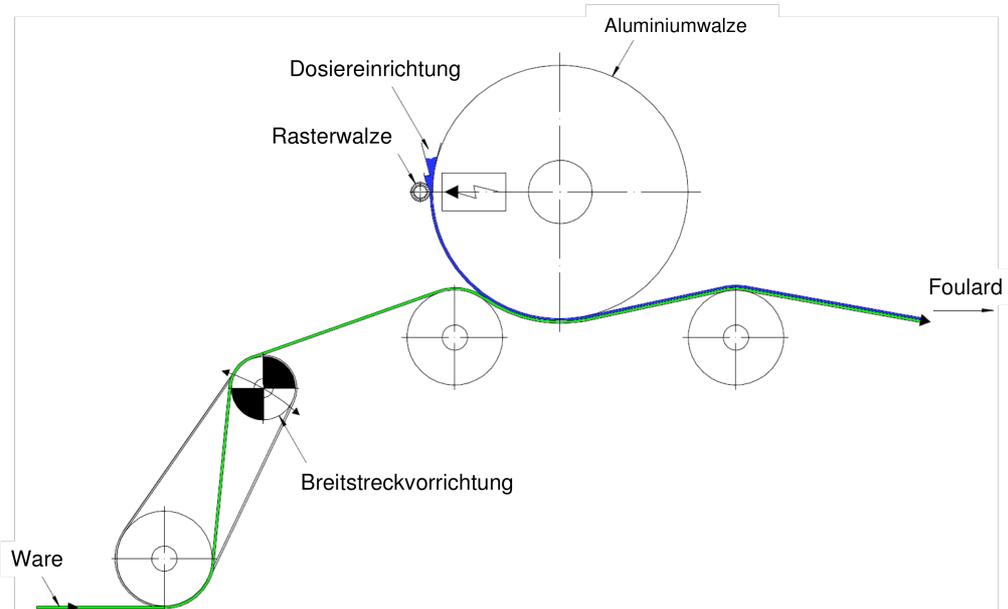
Der Kiss-Coat-Betrieb des Walzensystems mit der Einstellung der Drehrichtung der Stahl- und der Gummiwalze in Richtung der Warenbahnbewegung sowie der Rasterwalze gegen die Stahlwalzendrehrichtung führte zu einem überwiegend gleichmäßigen Flottenauftrag. Bei Veränderung des Kammerdruckes folgte der Flottenauftrag nicht in derselben Weise. Auch eine Steigerung der Drehgeschwindigkeit der Rasterwalze führte nicht zu einer vergleichbaren (relativen) Erhöhung der Flottenaufnahme und ist auch nur begrenzt zu nutzen. Mit zunehmender Warengeschwindigkeit nahm die Flottenauftragshöhe nicht unbedingt ab, wie dies zu erwarten wäre. Die genauen Bedingungen für einen Flottenauftrag in definierter Höhe müssen jedoch für jeden Artikel (Art des Gefüges, Art der Faserstoffe, Flächengewicht, sicher auch die Garneigenschaften, Bindung/Oberflächenglätte bzw. -rauigkeit und andere Warenbahneigenschaften) separat ermittelt werden. Eine direkte Übertragbarkeit ist eher unwahrscheinlich.

Das Kammersystem zum gleichmäßigen Auftrag definierter Flottenmengen auf die Rasterwalze erwies sich als erwartet perfektes System (mit langjähriger Praxiserfahrung). Aus der Sicht der am Ende übrig bleibenden Restflotte und des Reinigungsaufwandes entspricht es nicht der Zielvorstellung des Vorhabens.

Um bei einem späteren Praxiseinsatz eines solchen Systems Ausrüstungsversuche im Labor zur Vorbereitung einer Betriebsaufgabe durchführen zu können, bedarf es einer direkt vergleichbaren Anordnung der Walzen. Überzeugend war die Schnellwechseltechnik des Walzensystems. Ob dies jedoch geeignet ist für die Anwendung bei Partiewechseln in der Textilveredlung, insbesondere wenn es sich bei den Veredlungspartien um kurze Metragen handelt, blieb fraglich.

## **5. Bau einer Pilotanlage zum Praxiseinsatz in der Textilveredlung**

Wie erwartet hat sich die Gestaltung der Gleitfläche nicht nur als großes technisches Hindernis herausgestellt. Auch eine genaue Flottenführung und damit verbunden ein gleichmäßiger Flottenauftrag waren aus technischer und Anwendersicht nicht zu realisieren. Die bei einer statischen Einrichtung für ein Gleiten der Warenbahn auf einem Flottenpolster (Aquaplaning-Effekt) notwendige Flottenmenge führt in jedem Fall zu einer Mindestflottenaufnahme von > 60%. Es wurde daher schon frühzeitig für die Laborversuchsanlage ein sich mit der Ware bewegendes Gummistück entwickelt, bei dem die Benetzung der Ware mit Appreturflotte dann nur noch einseitig erfolgt. Auch wenn hier als besondere Schwierigkeit eine seitliche Abgrenzung des Auftragswerkes besteht, um Flottenverluste zu vermeiden und eine gleichmäßige Benetzung über die Breite (von Kante zu Kante, kein Aufrollen von Kanten bei Maschenware) zu gewährleisten, hat sich diese Lösung durchgesetzt. Die mit einer geringeren Flottenaufnahme einhergehende Einsparung an Trocknungsenergie ist erheblich und wurde von allen Beteiligten als Verbesserung der Ressourceneffizienz erkannt. Die anfangs favorisierte Auftragstechnik des Überlaufwehres oder eine Schlitzdüse wurde als technisch zu wenig flexibel verworfen. Der Rasterwalzenauftrag konnte im Labor aber nur begrenzt auf einfache Walzensysteme entwickelt werden, was viel mehr Zeit als ursprünglich angenommen erforderte und zu der erheblichen Verzögerung des Vorhabens beigetragen hat.



**Abbildung 23:** Schematische Darstellung des Auftragssystems zum Einbau in eine bestehende Anlage der Textilveredlung

Das Auftragssystem (Abb. 23), welches in eine Veredelungslinie integriert werden soll, wurde gegenüber der Laboranlage modifiziert. Für den Wareneinlauf besteht eine Breitstreckvorrichtung, die dazu dient, bei elastischen Waren die Kanten auszubreiten. Je nach Ware kann der Umschlingungswinkel der Breitstreckwalze variiert werden. Das Funktionsprinzip dieses Systems besteht darin, den Spalt zur Definition der Auftragsmenge mittels einer Magnetwalze einzustellen. Um ein gleichmäßiges Verteilen des Auftragsmediums über die Warenbreite zu gewährleisten wird eine changierende Dosiereinrichtung installiert.

Während der Laufzeit war es nicht mehr möglich, die Pilotanlage in einem der Textilunternehmen in eine bestehende Anlage aus Foulard und anschließender Trocknungsanlage einzufügen, da die Pilotanlage wegen ihrer Eigenständigkeit mehr Platz benötigt, als der ursprünglichen Planung entsprach. Der in jedem Fall vorhandene Foulard soll nun unverändert bleiben, um die laufende Produktion nicht zu stören. Dennoch muss die Pilotanlage an den Foulard angeschlossen werden, damit ein störungsfreier Probetrieb möglich ist.

## 6. Ressourceneffizienz und Umweltentlastungspotenzial

Dadurch dass neben der Einsparung an Restflotten aus dem Foulardchassis und an nicht mehr benötigten Nachläufern bei Partiewechseln auch weniger Wasser beim Trocknen der appretierten Partien zu verdampfen ist, da die Einstellung geringerer Flottenaufnahmegrade durch das neue Verfahren möglich ist, fallen die Ressourceneffizienz und das Umweltentlastungspotenzial insgesamt günstiger aus, als dies bei Vorhabensbeginn zu erwarten war.

Das Potenzial, das pro Spannmaschinen mit Foulard und jeweils vorgeschaltetem Chassis zur Imprägnierung von Gewebewarenbahnen besteht, kann zu den in der nachfolgenden Tabelle für drei Firmenbeispiele zusammengefassten Bedingungen ermittelt werden. Hierbei wird berücksichtigt, dass beim üblichen Betrieb einer Imprägnierung der Warenbahnen mit einer Appreturflotte der Mengenanteil der Appreturchemikalien in der Appreturflotte  $< 100$  g/L ist und die anschließende Entwässerung der Ware mit dem Foulard auf einen Feuchtegehalt der Ware von 60% eingestellt wird. Die nachfolgende Trocknung soll auf einer Spannmaschine erfolgen. Bei jedem Partiewechsel erfolgt auch ein Wechsel der Appreturflotte, der mit einer Reinigung des Chassis verbunden ist. Alle Zahlenwerte beziehen sich auf einen Spannrahmen und sind Durchschnittswerte. Für den besseren Vergleich wurde von 240 Arbeitstagen pro Jahr ausgegangen. Die Zeitverluste beim Stillstand der Anlage während der Partie- und Badwechsel mit Reinigung von Foulard und Chassis sind nicht mitgerechnet. Die Behandlung der Restflotten beim Entsorger erfolgt beispielsweise über ein Flockungsverfahren. Pro Liter (kg) Appreturrestflotte werden hierbei 100 g Eisensalze und Flockungspolymere angenommen. Eine Eindampfung und/oder Verbrennung der Flotten ist wegen des hohen Wassergehaltes unwirtschaftlich und wegen der zum Teil aggressiven Bestandteile technisch schwierig.

Mit dem neuen Rasterwalzensystem ist ein durchschnittlich auf die Hälfte beschränkter Flottenauftrag (30% statt 60%) möglich. Außerdem kann durch eine stärker einseitige Imprägnierung der Ware eine Reduzierung der Appreturchemikalien erfolgen. Es bleibt am Ende einer Partie keine Restflotte übrig, das Reinigen der Rasterwalze erfolgt mit einer geringen Menge Wasser, die wegen einer geringen Verunreinigung als Abwasser abgeleitet werden kann. Es wird außerdem angenommen, dass in dem nur noch hälftig angesetzten Flottenauftrag die Veredlungschemikalien in der benötigten Weise enthalten sind und sich zusätzlich 5% Einsparungen an Appreturchemikalien dadurch ergeben, dass ein auf eine Warensseite beschränkter Veredlungseffekt ausreichend ist.

Wenn im Vergleich zum Foulardverfahren über die Rastersteuertechnik 30% weniger Wasser auf die Warenbahn aufgetragen werden, beträgt die beim Trocknen eingesparte Energiemenge (Erwärmen des Wasseranteils von 20°C auf 100°C und Verdampfung, thermisch, ohne Berücksichtigung von Verlusten und Wirkungsgrad) ca. 2.700 kJ/kg bzw. 0,75 kWh/kg Wasser und bei einem durchschnittlichen Flächengewicht von 0,2 kg/m und durchschnittlicher Partielänge von 950 m etwa 57 kg Wasser pro Partie und 43 kWh/Partie.

**Tabelle 10:** Vergleich der Verluste an Appreturflotten von jeweils einem Spannrahmen von drei Firmen zum Rasterwalzensystem, 240 Produktionstage pro Jahr

	<b>Firma A</b>	<b>Firma B</b>	<b>Firma C</b>	<b>Rasterwalze</b>
Veredlungsprozessarten	Appretur, nur Trocknen, Thermofixieren	überwiegend Appretur	überwiegend Appretur	nur Appretur
Textilmaterialarten	überwiegend Baumwolle	Polyester Polyamid	Baumwolle, Synthetics	Baumwolle, Synthetics
Anzahl Appreturpartien/Jahr	1.440	3.900	3.550	3.900
durchschnittliche Flottenreste im Chassis pro Partie	30 L	62 L	22 L	keine
durchschnittliche Reste der Ansatzflotte pro Partie	k. A.	13,5 L	9,5 L	keine
Zurückgewonnene, nicht verbrauchte Ansatzflotte/Partie	k. A.	2 L	k. A.	nicht vorgesehen
Restflottenmenge pro Jahr	43.200 L/a	286.250 L/a	112.140 L/a	-
durchschnittlicher Gehalt an Appreturchemikalien	40 g/L	150 g/L	120 g/L	120 g/L
Verlust an Appreturchemikalien pro Jahr	1.728 kg/a	42.997 kg/a	13.457 kg/a	-
durchschnittliche Chemikalienkosten pro L Appreturflotte	0,18 €/L	0,25 €/L	0,31 €/L	0,31
Kosten der Verluste der Appreturchemikalien pro Jahr	7.776 €/a	71.562 €/a	35.000 €/a	-
Kosten für die Entsorgung der Appreturflottenreste/Einheit	60 €/t	k. A.	110 €/t	k. A.
Kosten für die Entsorgung der Appreturflottenreste pro Jahr	2.592 €/a	k. A.	18.500 €/a*	-
Verbrauch Flockungschemikalien für Behandlung der Appreturflottenreste beim Entsorger	4.320 kg/a	k. A.	16.842 kg/a	-
Gesamtkosten für Appreturflottenverluste	10.368 €/a	71.562 €/a	51.842 €/a	-

\* Entsorgung der Flottenreste aus dem Chassis, der Ansatzflotte und des ersten Spülwassers zum Reinigen des Chassis, Summe Menge Flüssigkeiten zur Entsorgung: 168.240 L/a

Insgesamt ergibt sich folgendes Einsparpotenzial pro Spannmaschine und Jahr (als Durchschnitt der drei betrachteten Firmen):

Appreturchemikalien:	19.394 kg/a	38.113 €/a
Entsorgungskosten:		10.546 €/a
Energiekosten (Spannmaschine, 167,7 MWh/a, 0,10 €/kWh):		<u>16.770 €/a</u>
Summe eingesparte Kosten:		65.429 €/a*

\*ohne Berücksichtigung der eingesparten Arbeitszeit für die Reinigung der Auftragsaggregate und die mit einer verbesserten Produktqualität einhergehenden Ersparnisse

Mit der Annahme, dass die Anschaffungskosten für einen Foulard mit zwei Walzen und Chassis mit Verdrängersystem bei 200 cm Arbeitsbreite ca. 80.000 € und für das neue Rasterwalzensystem (ohne Foulard) mit fünf Wechselrasterwalzen ca. 105.000 € betragen, berechnet sich die Wirtschaftlichkeit nach einer vereinfachten Pay-Back-Methode [Quelle: Effizienzagentur EFA-NRW, Duisburg] wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. In der ersten Spalte der Kalkulation ist das neue System ohne Berücksichtigung der Anschaffungskosten für einen neuen Foulard vorgenommen. In der zweiten Spalte sind die Anschaffungskosten eines neuen Foulards von den Anschaffungskosten des neuen Systems abgezogen. Es wurden keine Personalkosten und Materialkosten für die Reinigung der Anlagen bei einem Partiewechsel berücksichtigt.

**Tabelle 11:** Wirtschaftlichkeitsrechnung als vereinfachte Pay-Back-Methode für das neue Rasterwalzensystem zur Appretur von Textilbahnen

	neues System	Diff. Zum Foulard	
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	105.000	35.000	
<b>Restwert [€]:</b>	0	0	
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	21000	7000	
<b>Jährliche Betriebsstoffeinsparung [€]:</b>	65.429	65.429	
<b>Saldo Instandhaltung [€]:</b>	4.000	4.000	1% Anschaffu
<b>Saldo Personal [€]:</b>	0	0	0 h/d*25 €/h
<b>Saldo Material [€]:</b>	0	0	220 d/a
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	21.000	7.000	
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>	1000	1000	
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	39.429	53.429	
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>1,7</b>	<b>0,6</b>	

Auch wenn die Anschaffungskosten für das neue Rasterwalzensystem voll berücksichtigt werden, ergibt sich eine Amortisationszeit kleiner 2 Jahre.

Hochgerechnet auf die in der Bundesrepublik noch betriebenen Spannmaschinen, die zum Appretieren eingesetzt werden, beträgt der Verlust an Chemikalien pro Jahr

einer vorsichtigen Schätzung zufolge ca. 600 t Appreturchemikalien mit einem Wert von ca. 3,9 Mio. €. Für die Entsorgung der Appreturrestflotten sind nochmals ca. 550 t Flockungshilfsmittel pro Jahr erforderlich, die zu einer Schlammmenge von ca. 1.500 t (50% TS) Sonderabfall pro Jahr führen. Die Einsparung an thermischer Energie beträgt bei reduziertem Flottenauftrag ca. 18 GWh/a und 1,5 Mio. €/a.

Der Verlust an textiler Ware, der wegen der in einigen Fällen als Nachläufer zum Aufsaugen der Restflotte eingesetzten Ware entsteht, ist erheblich und beträgt oft mehr als 20 m Ware pro Badwechsel. Die Rohwarenkosten betragen etwa 25 €. Dazu kommen die Kosten für die Wärmeenergie zum Trocknen der Warenbahn in der Spannmaschine, entsprechend einer Wärmeenergiemenge von 25 MJ, und die Entsorgungskosten (Verbrennung), da imprägnierte Textilien wegen der geringeren Netzfähigkeit selten mehr als einmal verwendet werden können. Pro Jahr entstehen dadurch Materialverluste von ca. 80.000 m Ware, die zusammen mit den Energiekosten insgesamt ca. 120.000 € binden.

Das Einsparpotenzial ist erheblich, da es in Deutschland eine große Zahl von Spannmaschinen zur Textilveredlung gibt. In der überwiegenden Zahl der Fälle wird das neue System anstelle des Foulardchassis, möglicherweise sogar anstelle des Foulards eingesetzt werden können. Fa. Brückner liefert Spannmaschinen in alle Länder, so dass das Potenzial sehr viel größer sein wird. Nur durch innovative reststofffreie Verfahren wird es zukünftig möglich sein, die Textilveredlung am Standort der Bundesrepublik mit Erfolg und unter ressourcen- und damit auch umweltschonenden Bedingungen zu erhalten.

Nicht zuletzt wird mit dem neuen Imprägnierverfahren auch ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Mit der Einsparung an thermischer Energie ist auch ein verminderter Ausstoß an CO<sub>2</sub> verbunden. Da die Spannmaschinen größtenteils mit Erdgas versorgt werden, beträgt die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung pro Spannrahmen und Jahr ca. 40 t/a\*.

\*Umrechnungsfaktor: 243,3 g/kWh bei Heizwert 10,00 kWh/m<sup>3</sup> [Quelle: UBA, Ökoinstitut e.V., Gemis-Datenbank]

## **7. Nutzungsmöglichkeit und Anschlussfähigkeit**

Nach Anschluss und Inbetriebnahme der Pilotanlage sollen zunächst ausgewählte Prozesse und Artikel über mehrere Monate hinweg erprobt und untersucht werden. Hierfür wollen die bisher am Projekt beteiligten Firmen Cramer/Greven und Röko-na/Tübingen Material zur Verfügung stellen. Später soll versucht werden, die Pilot-anlage während der laufenden Produktion einzusetzen. Die BUW wird die Versuche begleiten und die Untersuchungen auswerten. Da sich ein Foulard und eine Spannmaschine anschließen, kann der Imprägnierprozess zu den von den anderen Textilunternehmen vorgegebenen Behandlungsbedingungen durchgeführt und Ver-gleiche zum Umweltentlastungspotenzial durchgeführt werden.

Wenn sich der aus der Sicht der bisher durchgeführten Entwicklung zu erwartende Erfolg einstellt, wird die Firma Brückner erste Prototypen erstellen, für die es schon Interessenten gibt. Die Fa. Brückner als kompetenter Hersteller von Spannmaschi-nenanlagen wird das neue Verfahren daran anschließend in Deutschland und welt-weit vermarkten. Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit ist daher uneingeschränkt gegeben. Für die Umsetzung am Markt über den Hersteller der Anlage werden wei-tere 2 Jahre veranschlagt.