

Sensorik in der Textiltechnik

*Yves-Simon Gloy, Tobias Beck, Achim Hehl, Volker Niebel, Marko Wischnowski, Eric Schulte Südhoff, Mohit Raina, Thomas Gries,
Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland
yves.gloy@ita.rwth-aachen.de*

Abstract

Der Einsatz von Sensorik ist genau so vielfältig wie die verschiedenen Prozesse in der Textiltechnik. Daher kommen unterschiedlichste Messprinzipien zum Einsatz um die eine gewünschte Produktivität, Robustheit und Produktqualität zu gewährleisten. Die Veröffentlichung gibt einen Überblick über den Stand der Forschung zu dem Einsatz von Sensorik in der textilen Kette von der Fadenherstellung bis zum gefügten Textil.

Key words: Textiltechnik, Sensoren, Garnherstellung, Flächenherstellung, Füge-technologie

Einleitung

Der Einsatz von Sensorik ist genau so vielfältig wie die verschiedenen Prozesse in der Textiltechnik. Daher kommen unterschiedlichste Messprinzipien zum Einsatz um die eine gewünschte Produktivität, Robustheit und Produktqualität zu gewährleisten. Die Veröffentlichung gibt einen Überblick über den Stand der Forschung zu dem Einsatz von Sensorik in der textilen Kette.

Fadenkontaktierende Elemente

Im Bereich der Reibungs- und Verschleißmessungen für Fadenkontaktierende Elemente sind am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University (ITA) unterschiedliche Modellprüfstände vorhanden. Auf den Prüfständen können sowohl unterschiedliche Werkstoffe - Garn, als auch Garn – Garn Kombinationen geprüft werden. Der Messaufbau eines Prüfstandes zur Erfassung von Reibungs- und Verschleißeffekten (ITA-Tribometer) ist in Abb. 1 schematisch zu erkennen: Die Kombination aus Fadenzugkraftsensoren (DMS) und laseroptischen Filamentbruchsensoren ermöglicht direkte Rückschlüsse auf die entstehende Reibung und den Verschleiß zwischen Garn und Reibelement. Der Messbereich der Kraftsensoren liegt zwischen 50 cN und 200 N. Die verbauten laseroptischen Sensoren, die zur Prüfung von hochmodulen Filamentgarnen verwendet werden, sind am ITA entwickelt worden und funktionieren nach dem Abschattungsprinzip. Mit Hilfe der Sensoren ist es möglich Einzelfilamente bis zu 7 μm zu detektieren und zu gebrochene Filamente zu zählen.

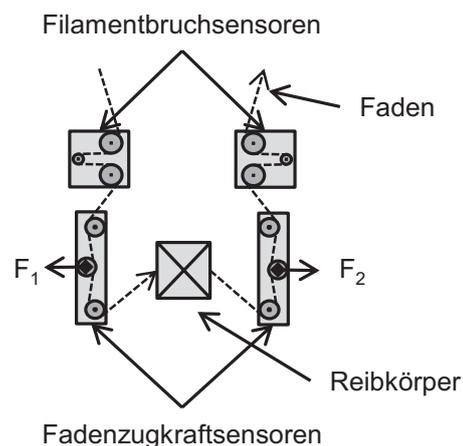


Abb. 1: Prinzip der Reibwertermittlung zwischen Garnen und Festkörpern

Durch die einstellbaren Prozessparameter, wie Fadenzugkraft, Geschwindigkeit und Fadenverlauf im Prüfbereich, können alle gängigen textilen Herstellungsverfahren (z. B. Weben, Flechten) nachgebildet werden. Zusätzlich ist es möglich den gesamten Prüfaufbau zu klimatisieren und definierte Luftfeuchtigkeits- und Temperaturbedingungen für spezielle Messungen zu erzeugen.

Sensoren in der Garnherstellung

Für die qualitative Bewertung von Garnen wird die Gleichmäßigkeit der Masse und des Durchmessers über die Garnlänge bestimmt. Ungleichmäßigkeiten im Garn wirken sich negativ auf die flächenbildenden Verfahren wie Weben oder Stricken und auf die daraus entstehenden Produkte (Gewebe, Gestricke) aus. Die

Massenverteilung wird mit Hilfe eines kapazitiven Sensors gemessen. In diesem stellt das Garn das Dielektrikum im Sensor dar, das mit einer vordefinierten Geschwindigkeit zwischen den Kondensatorplatten durchgezogen wird (vgl. Abb. 2). Über eine Signalauswertung wird die Veränderung des Dielektrikums und somit ein der im Messspalt befindliche Garnmasse proportionales Signal aufgezeichnet. So kann man über die Länge des Garns die Massenverteilung sowie Dick- und Dünnstellen detektieren. [1]

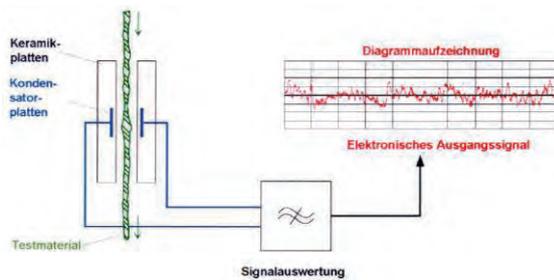


Abb. 2: Kapazitive Messung der Massengleichmäßigkeit über die Garmlänge [1]

Die Durchmesser gleichmäßigkeit von Garnen ist nicht identisch mit der Massengleichmäßigkeit. Durch die Veränderung in der Garnstruktur können sich bei gleichbleibender Faser Masse im Garnquerschnitt verschiedene Durchmesser einstellen. Der Garndurchmesser und seine Veränderung können durch ein optisches Verfahren bestimmt. Durch die Beleuchtung mittels parallelem Infrarot- oder Laserlicht wird die Größe der Abschattung des Garnes photosensorisch erfasst (vgl. Abb. 3). Die Intensität des Lichts wird auf einer Photodiode (Empfänger) in einen elektrischen Strom umgewandelt, der über eine einmalige Kalibrierung einen Rückschluss auf die 2D-Projektion des Garndurchmessers zulässt. Durch einen Referenzempfänger kann der Einfluss von Staub im Sensor oder eine variierende Intensität der Lichtquelle auf das Messergebnis abgemindert werden. [2]

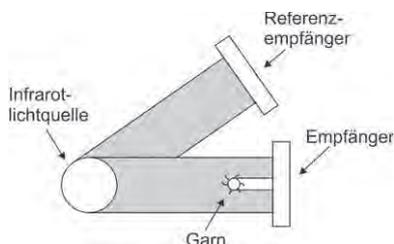


Abb. 3: Optisches Messprinzip zur Durchmesserbestimmung von Garnen [2]

Als Garnhaare werden abstehende Faserenden bezeichnet, die nicht im Garnkern eingebunden sind. Die Haarigkeit eines Garns beeinflusst die Haptik, d. h. inwiefern sich ein Gewebe oder Gestrick weich und flauschig anfühlt. Für die Haarigkeit von Garnen existieren zwei Messver-

fahren. Zum einen können sie mittels Beleuchtung und Abschattung gemessen werden. Dafür wird auf einem Photosensor der Schattenwurf der vom Garn abstehenden Fasern in einem bestimmten Messvolumen aufgenommen (ähnlich der Durchmesserbestimmung). Zum anderen kann die Haarigkeit über die Beugung von Licht gemessen werden. Trifft paralleles Licht auf das Garn mit einer bestimmten Anzahl abstehender Fasern, so entsteht Beugung an den Kanten der sehr feinen Fasern. Je mehr Fasern im Messvolumen vorhanden sind, desto größer ist die Intensität des gebeugten Lichtes, auch Streulicht genannt. Dieses Streulicht wird über ein Linsensystem gebündelt und zur Messung der Lichtintensität auf den Empfänger, abermals eine Photodiode, geleitet. [3]

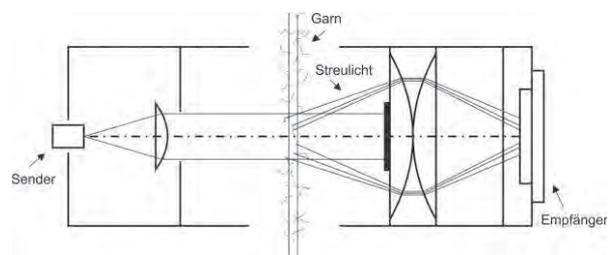


Abb. 4: Prinzip der Haarigkeitsmessung an Garnen mittels Lichtbeugung an Fasern [3]

Für die Bestimmung der Dichtehomogenität im Aufbau von Kreuzspulen werden am ITA Kraftmessfolien auf innovative Weise genutzt. Dazu werden die Folien während des Spulenaufbaus in den Spulenkörper eingebracht und liefern so Daten über die Kraftverteilung entlang der Spulenchse und dem Spulenumfang im gewickelten Spulenkörper (vgl. Abb. 5).

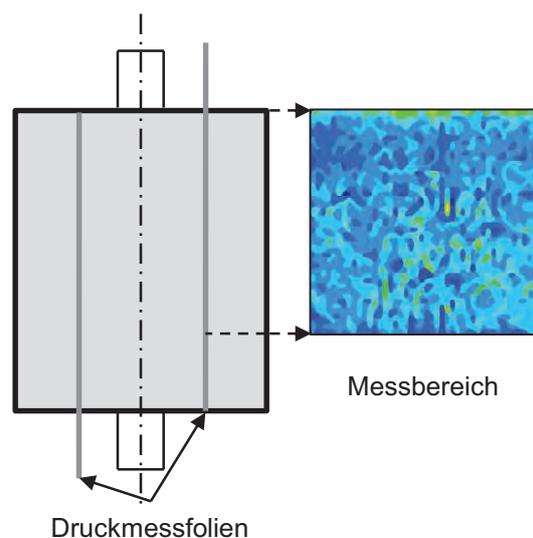


Abb. 5: Einbringung zweier Druckmessfolien in einen Spulenkörper (li.) und beispielhafte Darstellung der Flächenlast einer Druckmessfolie (re.)

Die Kraftmessfolien der Firma Tekscan, Inc., Massachusetts, USA, dienen als ein variabler Widerstand in einem Stromkreis. Die Kraftmessfolien bestehen aus zwei dünnen, flexiblen Polyesterfolien. Auf die Innenseiten der Folien sind Leiterbahnen gedruckt. Diese Leiterbahnen liegen im montierten Sensor orthogonal zueinander vor. Zwischen die beiden Folien wird zusätzlich eine halbleitende Beschichtung eingebracht. So entsteht in jedem Kreuzungspunkt der Leiterbahnen ein Sensorelement.

Um die Güte des Ablaufs von Garnspulen zu testen wird am ITA der Package Performance Tester PPT 100 der Firma Honigmann GmbH, Wuppertal, eingesetzt. Ein Faden wird gleichmäßig mit einer Geschwindigkeit von 1200 m/min axial von einer Spule abgezogen und über einen Keramikstift an der Sensoreinheit im rechten Winkel umgelenkt. Der Keramikstift ist mit einem Kraftaufnehmer verbunden, welcher die auftretenden Fadenzugkräfte detektiert. Dabei können Zugkraftvariationen in einem Frequenzbereich von 0 bis 10kHz erfasst werden. Auf diese Weise ist es möglich den Fadenzugkraftverlauf über die gesamte Spulenreise aufzuzeichnen und so Informationen über den Zusammenhang von Fadenzugkraft, Abzugsgeschwindigkeit, freier Fadenlänge und Spulengeometrie zu erhalten.

Sensoren in der Flächenherstellung

Im Bereich der Flächenherstellung, also dem Weben, Wirken oder Stricken, werden ebenso zahlreiche Sensoren wie Tauchanker, Näherungssensor oder Fadenspannungssensoren genutzt, um die Produktion der gewünschten Qualität mit der gewünschten Produktivität zu gewährleisten. Am ITA werden zudem alternative Sensorkonzepte genutzt, um die Qualität zu regeln. So werden erstmalig Röntgensensoren oder Kamerasystem direkt in den Webprozess integriert.

Für die Überwachung des Flächengewichtes im Webprozess wurde ein Röntgensensor am ITA eingesetzt. Der Sender eines solchen Systems emittiert auf der einen Seite des Gewebes Röntgenstrahlung mit konstanter Intensität. Der Empfänger auf der anderen Seite des Gewebes misst die ankommende Intensität. Die Absorption von Röntgenstrahlung in einem Material wird durch das Lambert-Beer'schen Gesetz beschrieben:

$$I = I_0 \cdot \varepsilon^{-\mu \cdot d} \quad (1)$$

(mit Intensität der empfangenen Strahlung I , Intensität der emittierten Strahlung I_0 , eulersche Zahl ε , Absorptionskoeffizient μ , Materialdicke d).

Bei einer Zunahme des Flächengewichts, erhöht sich die Gewebedichte, die wiederum eine Steigerung des Absorptionskoeffizienten μ zur Folge hat. Gleichung 1 zeigt, dass die empfangene Intensität bei einer Zunahme des Flächengewichtes sinkt.

Die Firma P2T Protagon Process Technologies GmbH, Rengsdorf bietet einen solchen Röntgensensor an. Er wird mit einer Beschleunigungsspannung von unter 5 kV betrieben und darf daher in Deutschland genehmigungsfrei eingesetzt werden. Dieser Sensor besitzt einen Messbereich von 50 bis 1000 g/m², eine Auflösung von 0,1 g/m² und eine Genauigkeit von 0,3 g/m² [4]. Abb. 6 zeigt den Einbau des Sensors an der Webmaschine.

Mit Hilfe eines Smith-Prädiktors konnte eine Regelung des Flächengewichtes im Webprozess realisiert werden [5].

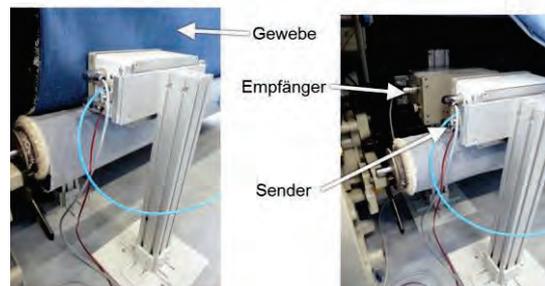
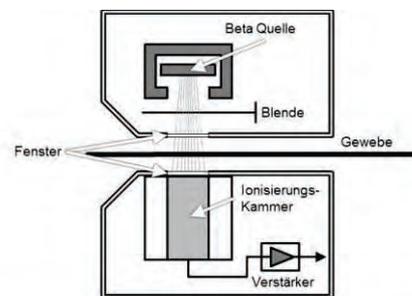


Abb. 6: Röntgensensor zur Messung des Flächengewichtes im Webprozess

Die Fadenspannung in den Prozessen textilen Flächenherstellung ist eine wichtige Prozessgröße. Zu hohe Spannungen können zum Reißen der Fäden führen. Zu niedrige Spannungen können z. Bsp. dazu führen, dass die Fäden beim Webprozess sich verklammern. Dadurch entstehen Fehlstellen in den Geweben. Zur Messung der Fadenspannung wurde daher am ITA ein entsprechender Sensor entwickelt.

Abb. 7 zeigt einen solchen kollektiven Fadenzugkraftsensor schematisch. Er ist aufgebaut aus einem Trägerbalken (1), drei Querstreben (2 und 3) und vier Dehnungsmessstreifen. Dabei ist der mittlere Querbalken (3) etwas nach oben versetzt. Über den mittleren Balken werden zu rechten und zur linken Seite Kettfäden (5) geführt. Die Anzahl variiert je nach Feinheit

und Beschaffenheit der Fäden. Aufgrund der Fadenspannung wird der mittlere Balken verbogen, was wiederum anhand der Dehnungsmessstreifen erfasst wird [6].

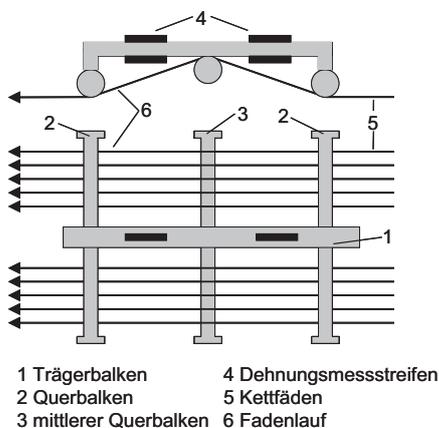
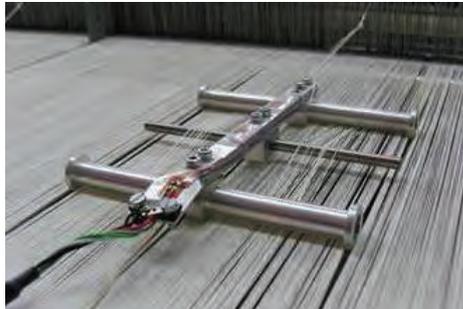


Abb. 7: Fadenzugsensors des ITA

Sensoren für die Füge-technologie

Der Fügeprozess ist ein entscheidender und kritischer Verarbeitungsprozess für die Herstellung des finalen textilen Endproduktes. Eine nicht funktionstüchtige Naht verursacht ein fehlerhaftes Produkt und führt zu Ausschuss. Fast alle Fügeverfahren für Textilien werden manuell durchgeführt. Daher ist die Nahtqualität fast ausschließlich von dem Können und der Erfahrung des Konfektionärs abhängig. Um den Konfektionär zu unterstützen und ein objektives Qualitätsüberwachungssystem zu entwickeln, werden Sensoren an Nähmaschinen oder Schweißmaschinen für Textilien angebracht. Weiterhin benötigt eine (teil-)automatisierte Produktion von 3D-Textilien eine sensorbasierte Qualitätsüberwachung des Prozesses [2].

Für die Nähtechnik existieren bereits kommerzielle Sensorsysteme zur Überwachung der erzielbaren Nahtqualität. Ziel ist es, den Nähprozess zu überwachen und die Prozessparameter für sicherheitsrelevante Nähte (z.B. Airbag-Produktion) zu dokumentieren. Dafür wird die Fadenspannung des Oberfadens σ_{Faden} online während des Nähvorgangs detektiert.

Diese Maßnahme quantifiziert die Nahtqualität. Die Fadenspannung des Oberfadens σ_{Faden} wird durch einen Näherungssensor gemessen, der den Abstand zu einem Biegeelement erfasst und wandelt diese Distanz durch ein mathematisches Modell in der Fadenspannung σ_{Faden} um. In Abb. 8 ist die gemessene Fadenspannung des Oberfadens σ_{Faden} über den Maschinenwinkel φ der Hauptwelle der Nähmaschine dargestellt.

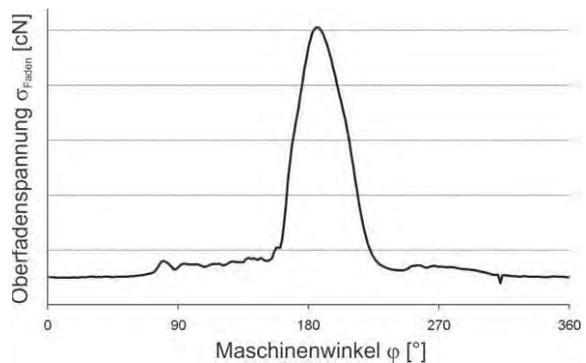


Abb. 8. Gemessene Oberfadenspannung σ_{Faden} während eines Stichvorganges

Minimale und maximale Grenzwerte für die Oberfadenspannung σ_{Faden} – in denen die gewünschte Nahtqualität gewährleistet ist – werden nach vorheriger experimenteller Untersuchung bestimmt. Befindet sich die Oberfadenspannung σ_{Faden} innerhalb dieser Grenzwerte, wird die Nahtqualität als anforderungsgerecht betrachtet. Die Nahtqualität wird durch die Aufzeichnung der gemessenen Ergebnisse für jede Naht dokumentiert. Das System soll für die Automobilindustrie verwendet werden sowie für andere industrielle Anwendungen, bei denen die Nähte zuverlässig verbunden werden müssen.

Schweißverfahren sind ein integraler Bestandteil der Produktion von speziellen Textilprodukten. Viele innovative textile Anwendungen erfordern besondere Nahteigenschaften wie Dichtigkeit, glatte Oberfläche oder ein bestimmtes Aussehen, das durch die Schweißtechnologie erfüllt werden kann. Zu diesen Anwendungen gehören Pavillondächer, Filterstoffe, Airbags, Schutzkleidung, Membrandächer, etc.

Um die Qualität der Schweißnaht zu überwachen, werden Temperatursensoren verwendet, welche die tatsächliche Schweißtemperatur während des Schweißprozesses bestimmen. Bisher wird die Schweißtemperatur durch die Prozessparameter (z. B. heiße Luft, Heizkeiltemperatur) voreingestellt. Die eigentliche Schweißtemperatur kann nicht gemessen werden. Um das Schweißverfahren zu überwachen, wurden in der Vergangenheit mehrere Ansätze verfolgt, bei denen die Oberflächen-

temperaturen der Textilien bestimmen wurde [7, 8]. All diese Messungen bestimmen die relevante Schweißtemperatur nicht. Um dies zu erreichen, wurde in einem Projekt am ITA in Zusammenarbeit mit PFAFF Industriesysteme und Maschinen AG die Oberflächentemperatur T_O des geschweißten Textil nach dem Schweißprozess gemessen. In Abb. 9 ist das verwendete Pyrometer an einer Heizkeilschweißmaschine zur Erfassung der Oberflächentemperatur T_O dargestellt.

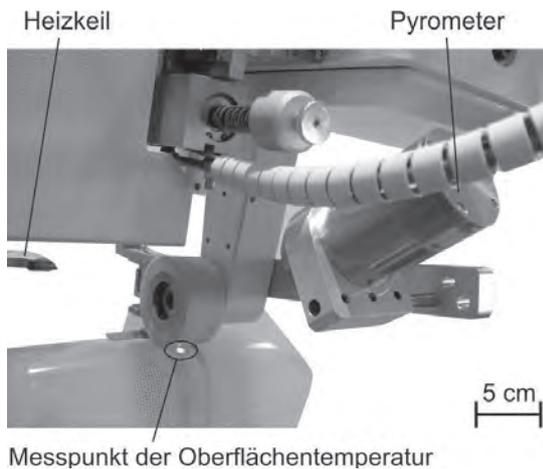


Abb. 9. Befestigtes Pyrometer an Heizkeilschweißmaschine

Mit einem komplexen mathematischen Modell wird die entsprechende Schweißtemperatur zwischen den Textilien bestimmt. Weiterhin ist ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Oberflächentemperatur T_O und der Nahtzugfestigkeit F_{Naht} durch statistische Auswertung ermittelt worden.

- [7] Fuchs, H.; Vogel, C.: Entwicklung einer Meßmethode zur zerstörungsfreien Überwachung geschweißter Nähte an PVC-Schichtstoffen im Herstellungsprozeß, *Abschlussbericht zum Forschungsbericht BMWi 117/96 am Sächsischen Textilforschungszentrum e.V., Chemnitz 1997*
- [8] Ellenberger, B.; Herzer, K.; Kutscher, K.; Neurohr, M.: Heißsiegelmaschine Deutsches Patent DE 198 54 259 C2

- [1] N.N., USTER TESTER 4, Anwendungshandbuch, Uster 2001
- [2] Wulffhorst, B., Qualitätssicherung in der Textilindustrie: Methoden und Strategien, München, Wien: Hanser, 1996
- [3] Reumann, R.-D., Prüfverfahren in der Textil- und Bekleidungsindustrie, Berlin, Heidelberg, New York, u.a.: Springer, 2000
- [4] Spies, G.; Moder, B.: Neue Meß- und Regelmethoden für höhere Produktivität, 21. Hofer Vliesstofftage 2006, Hof 08./09.11.2006, URL: <http://www.hofer-vliesstofftage.de/vortraege/2006/2006-11.pdf>
- [5] Gloy, Y.-S.; Büllfeld, R.; Islam, T.; Gries, T., Application of a Smith predictor for control of fabric weight during weaving, *Journal of Mechanical Engineering and Automation* 3 (2013), H. 2, S. 29-37, doi: 10.5923/j.jmea.20130303.02
- [6] Gloy, Y.-S.; Schenuit, H.; Gries, T.: Weben in Hochlohnländern - Messdatenerfassung zur Maschinenoptimierung, *Melliand Textilberichte* 90 (2009), H. 1, S. 26-27