



DBU Projekt Az. 33864/01-21  
Laufzeit 23.10.2017-22.10.2019  
Verlängerung bis 22.01.2020

# EcoTextileFinishProcessing

## Projektpartner

Thorey Gera Textilveredelung GmbH, Gera

WORK Microwave GmbH, Holzkirchen

LLA Instruments GmbH, Berlin

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V. (IOM), Leipzig

Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. (TITV), Greiz



# Thorey

Textilveredelung

# Firmengründung 1883 in Falkenstein / Vogtland

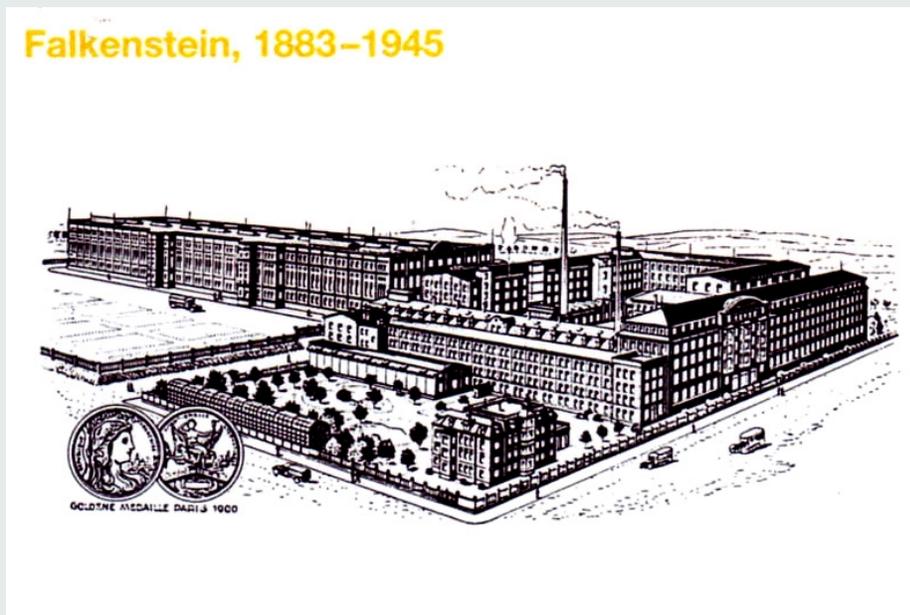
- aus einer Weberei entwickelte sich ein vollstufiges Unternehmen
- Gardinen- und Dekostoffhersteller
- Goldenen Medaille zur Pariser Weltausstellung im 1900 erhalten
- in mehr als 50 Ländern wurde Exportiert



Georg Thorey

\* 1. Mai 1843

+ 5. Juli 1896



TTT TTT TTT  
S S S  
Schnelligkeit Sicherheit Service  
**Thorey**  
Textilveredelung

# Neugründung 1950 in Mering bei Augsburg

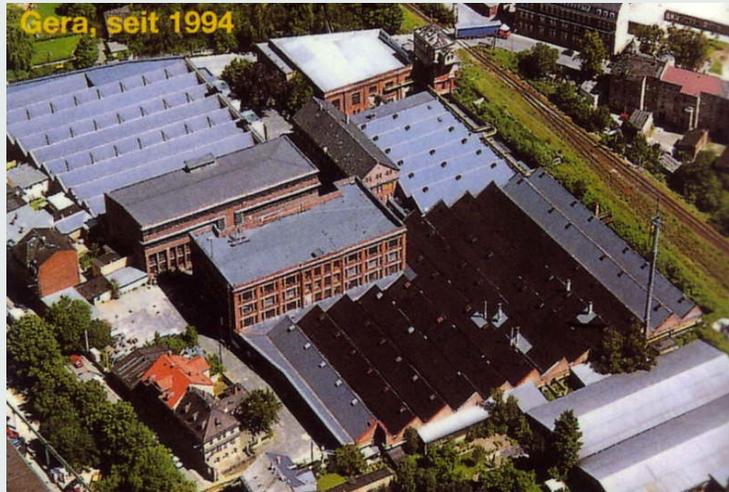
- Aufbau einer Appretur, Druckerei und Färberei
- auf einem Areal von 40.000qm und durchschnittlich 250 Mitarbeitern
- 40 Mio. qm pro Jahr ausgerüstete Textilien
- sieben Spannrahmen
- Marktführender in der Gardinenlohnveredlung in Europa



TTT TTT TTT  
SSS  
Schnelligkeit  
Sicherheit  
Service  
**Thorey**  
Textilveredelung

# Neugründung 1994 in Gera

- Aufbau einer Appretur mit 2 Spannrahmen
- reiner Lohnveredler
- ca. 70 Mitarbeiter und jährlich ca. 20 Mio. Quadratmeter an Textilien
- zu unseren Kunden zählen Unternehmen in ganz Europa



# Unser Leistungsprofil

- Waschen, Entschlichten und Ausrüsten bei einer Arbeitsbreite von 60cm bis 360cm
- modernste Richtautomatik, dadurch Höchstmaß an fadengeradem Spannen
- Appretieren bei höchster Reproduzierbarkeit und Stabilität des Flottenauftrags durch Einsatz modernster Dosieranlagentechnik
- 5-facher Quetschschnitt
- 4-facher Ultraschallschnitt
- Rückverfolgbarkeit von Prozessparameter während der Produktion



TTT TTT TTT  
S S S  
Schnelligkeit Sicherheit Service  
**Thorey**  
Textilveredelung

# Ausrüstung

- Griffausrüstung (weich, hart, steif)
- Flammschutz
- Inkjetdruckvorbehandlung
- Fleckschutz, schutzabweisend
- Hydrophobausrüstung, Hydrophilausrüstung
- Geruchshemmend
- Antibakteriell
- Haftverbesserung
- Vorbehandlung für die Gummierung
- Antistatik
- Kundenspezifische Ausrüstung

# Projektbeschreibung

- Prozesskontrolle in Real-Time, basierend auf einem selbst kalibrierenden Mikrowellensensorsystem und NIR Chemical Imaging
- Technische Textilien auch in kleinen Losgrößen energieeffizient ausrüsten und qualitativ einwandfrei
- Produktionsmenge von ca. 20 Millionen Quadratmetern pro Jahr und ein Elektroverbrauch von ca. 925.000 kWh, sowie 540.000m<sup>3</sup> Erdgas
- Ziel ist es, eine Automatisierung der Entwässerung von Textilien, dadurch eine Verringerung des Gasverbrauches von min. 5% und eine Verringerung der Elektroenergie um min. 10% durch einen Mikrowellensensor
- Neben der Verbesserung der Energieeffizienz, wird mit einer Hyperspektralkamera der Veredelungsprozess überwacht
- Dadurch Vermeidung von Abfall durch Aufbau einer In-line-Qualitätskontrolle
- Bisher werden die Veredelungsprozesse im „Blindflug“ gefahren, d.h. erst am Prozessende kann die Auftragsmenge off-line im Labor bestimmt werden
- Aussagen zur Homogenität der Veredelung, die für nachfolgende Weiterverarbeitungsschritte, wie z.B. Bedrucken oder Laminieren von entscheidender Bedeutung sein können, sind – von Stichproben abgesehen – überhaupt nicht möglich
- Fehlchargen müssen entweder aufwändig nachbearbeitet oder als Abfall entsorgt werden. Mit einer In-line-Überwachung der Veredelung soll das vermieden werden

# Motivation & Zielstellung

## Motivation

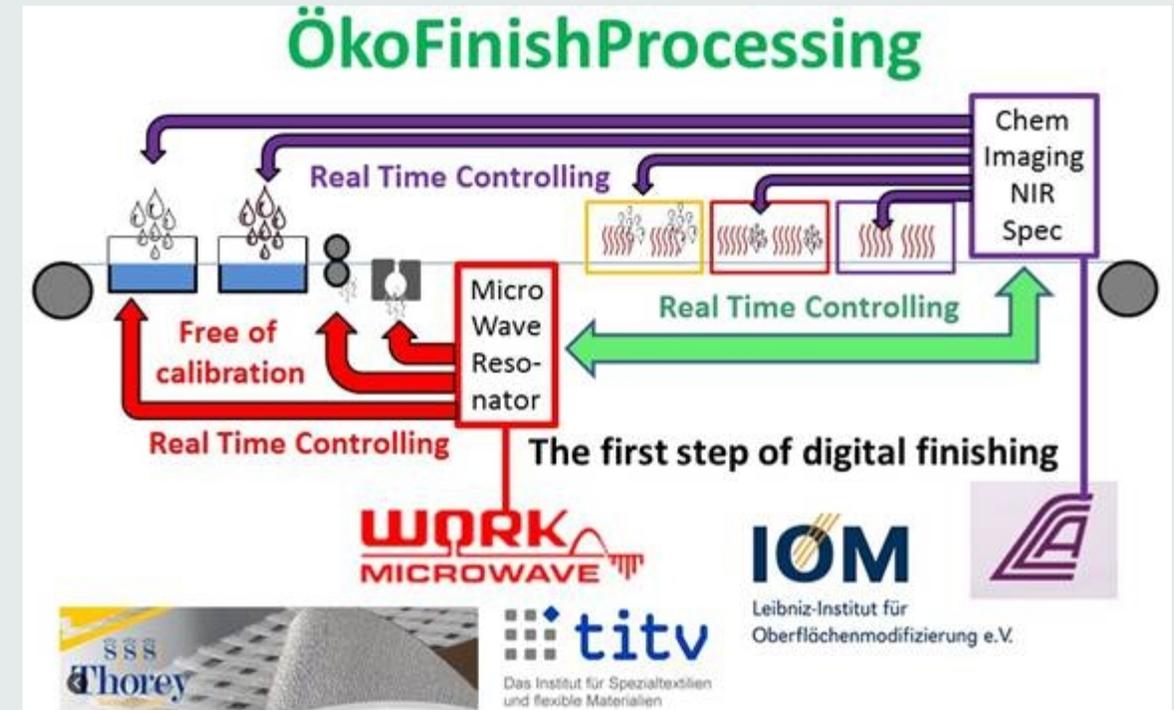
- Technische Textilien: Hoher Kostendruck bei steigenden Qualitätsanforderungen und sinkenden Losgrößen
- Hohe Qualitätsanforderungen nur realisierbar mit effizienter In-line-Prozesskontrolle
- Bisher: Einstellung der Prozessparameter erfordert bis zu 200 m Textilbahn
- unwirtschaftlich und umweltbelastend
- Ausrüstung der Textilien mit spezifischen Funktionalitäten erfolgt durch Imprägnierung in wässrigen Lösungen
- Material muss somit nach jedem Veredelungsschritt getrocknet werden
- sehr energieintensiver Prozess
- Energieaufwand als wichtigster Kostenfaktor

## Zielstellung

- Signifikante Verringerung des Energiebedarfs, insbesondere für die Trocknung, durch effizientere Prozessführung
- Vermeidung von „Übertrocknung“
- Weitgehende Vermeidung von Abfall / Ausschuss durch leistungsfähige Prozessüberwachung und raschere Einstellung der Prozessparameter
- Sicherung einer hohen und reproduzierbaren Produktqualität (Auftragsmenge, Homogenität, Flecken-/Fehlerfreiheit, ...)
- Verringerung des Einsatzes von zur Veredelung verwendeten Chemikalien (Phosphat- und Harnstoffverbindungen, Fluorcarbonharze etc.) durch Verringerung des „Sicherheitspuffers“

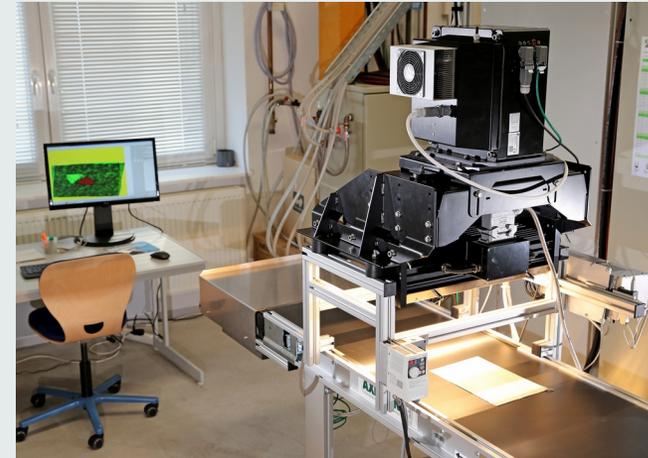
# Lösungsansatz

- Ausrüstung einer Textilverarbeitungsmaschine mit leistungsfähiger Prozesskontrolltechnik
- Zweistufiger Ansatz: Entwässerung (mechanisch bzw. Unterdruck auf ca. 20 % Restfeuchte) thermische Trocknung
- Spezieller Mikrowellensensor sichert effizientere Entwässerung durch feuchteabhängige Ansteuerung des Saugbalkens
- NIR Chemical Imaging detektiert Restfeuchte am Prozessende und steuert die Trockenstrecke ◊ Trocknung nur bis auf zulässige Restfeuchte
- Alternativ kann NIR Chemical Imaging die Produktqualität bewerten (Auftragsmenge, Homogenität, ...)



## NIR Chemical Imaging

- Großflächige quantitative & qualitative chemische Analytik mit einer NIR-Kamera
- Bestimmung des finalen Trocknungsgrades mit NIR Spectral Imaging
- Ferner: In-line-Erfassung des Auftragsgewichts der Veredelungschemikalien, Prüfung der Homogenität
- Kalibrierung auf die jeweilige Problemstellung erforderlich
- Geeignete Referenzmethode für das jeweilige Problem ◊ Gravimetrie, Feuchtwage
- Nach erfolgter Kalibrierung & Validierung vollautomatische Quantifizierung



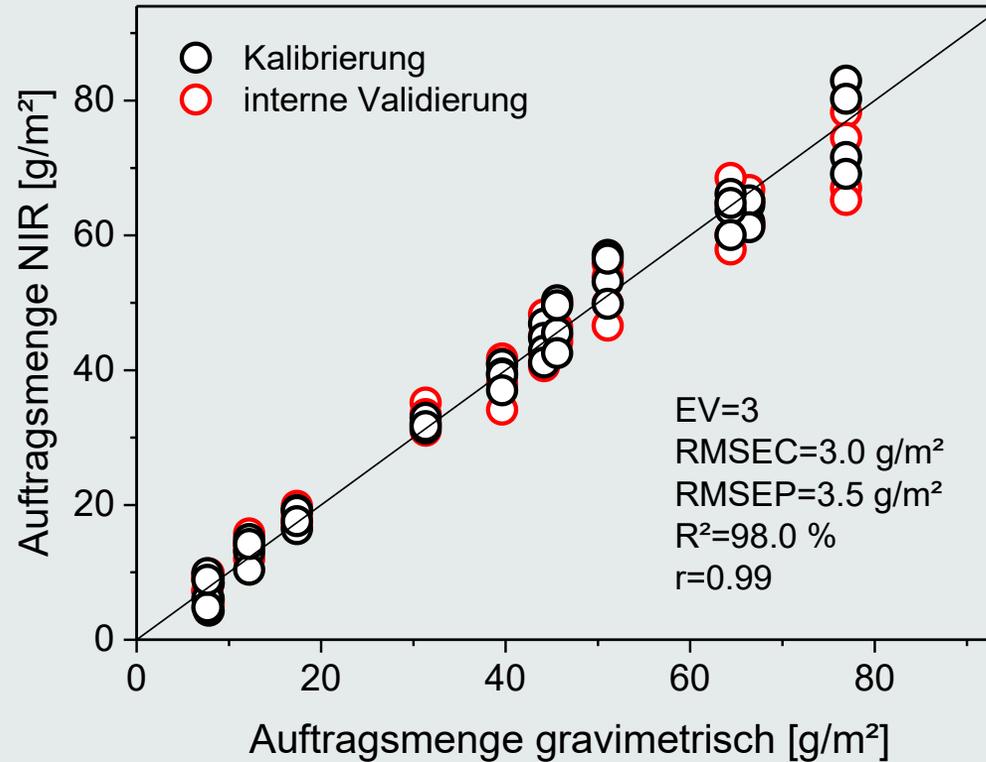
Montage der NIR-Kamera über einem Transportband aus hochabsorbierendem Polyurethan



Montage der NIR-Kamera an einer Pilotanlage im TITV.

## Auftragsgewicht Kalibrieren

Beispiel: Polyestergewebe mit PVAc-Appretur

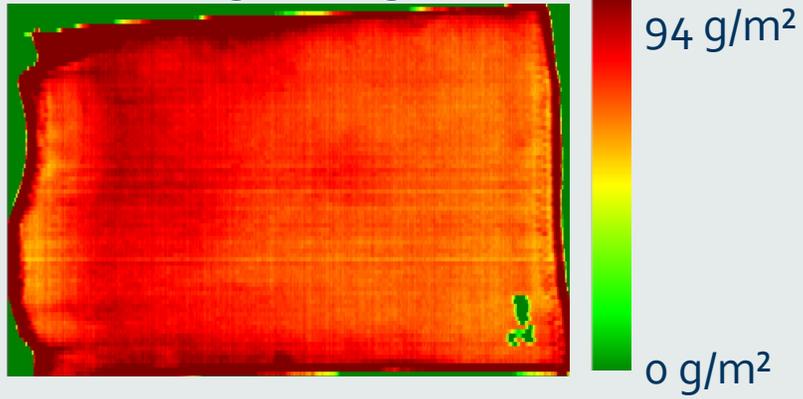


Kalibrierung der Spektren auf das Auftragsgewicht (trocken) einer PVAc-Dispersion  
(Referenz: Gravimetrie) Fehler: 3.5 g/m<sup>2</sup>

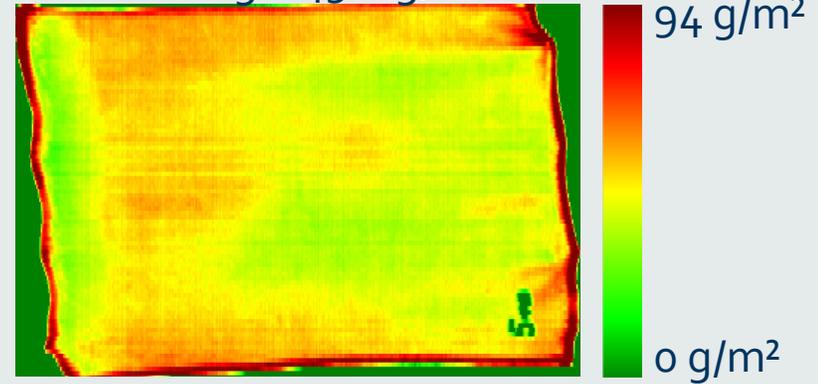
# Auftragsgewicht In-Line Monitoring

Beispiel: Polyestergewebe mit PVAc-Schichte

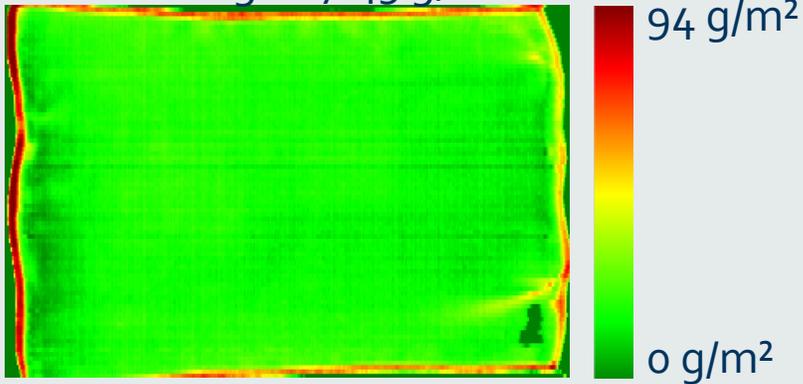
Auftrag – 77.2 g/m<sup>2</sup>



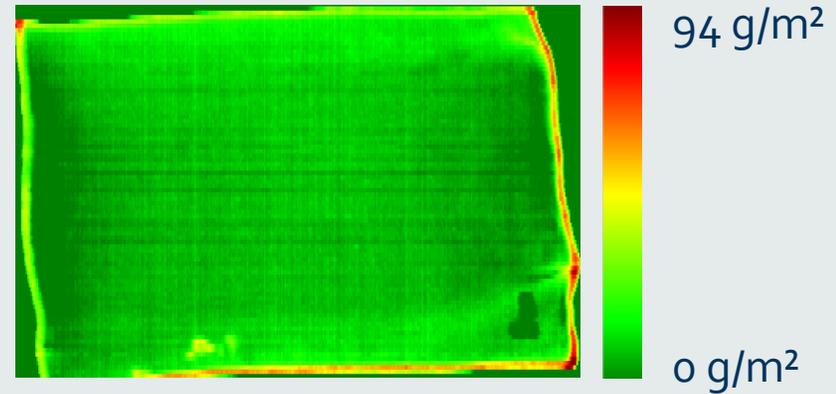
Auftrag – 45.8 g/m<sup>2</sup>



Auftrag – 17.45 g/m<sup>2</sup>

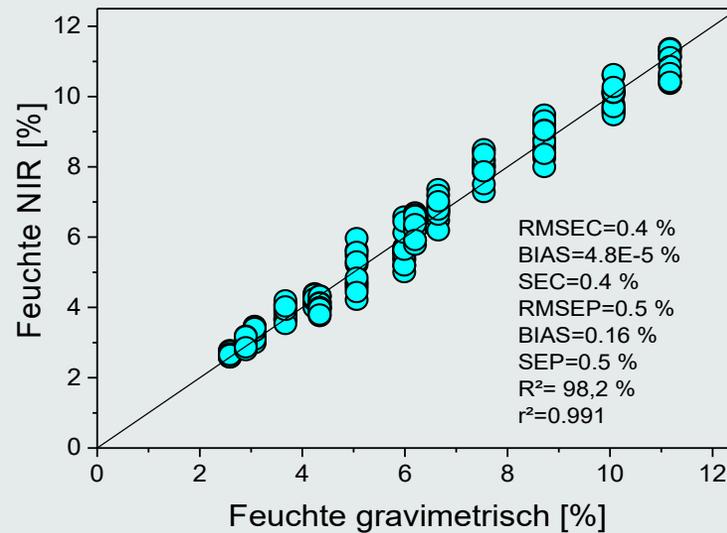


Auftrag – 7.7 g/m<sup>2</sup>



# Auftragsgewicht In-Line Monitoring

Beispiel: Polyestergewebe mit Flammenhemmer

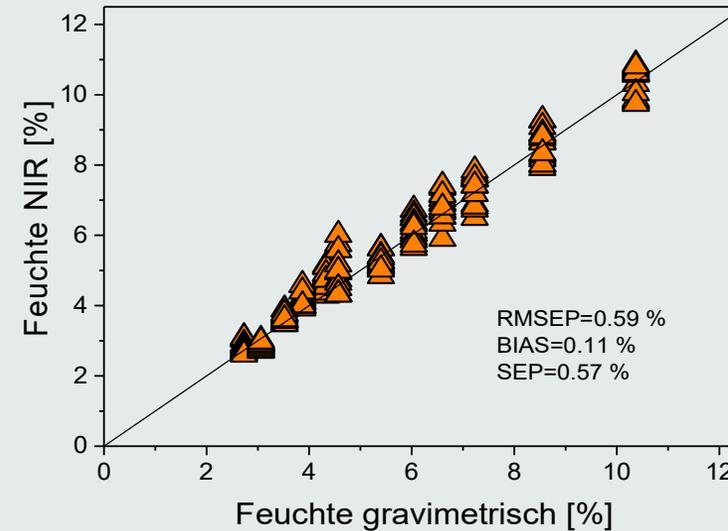


Kalibrierung auf die Feuchte

Referenz: Feuchtwaaage

Fehler: 0.5%

Angestrebte Restfeuchte für Polyestergewebe: 3 %



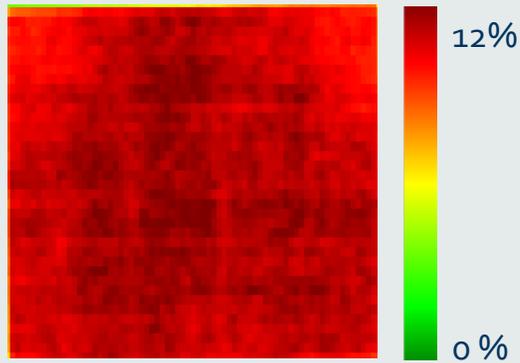
Validierung mit unabhängigen Proben

Fehler: 0.6%

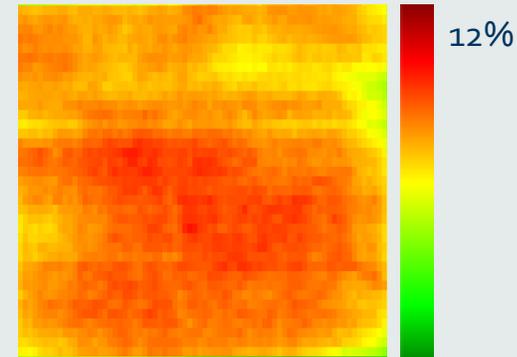
# Auftragsgewicht In-Line Monitoring

Beispiel: Polyestergewebe mit Flammenhemmer

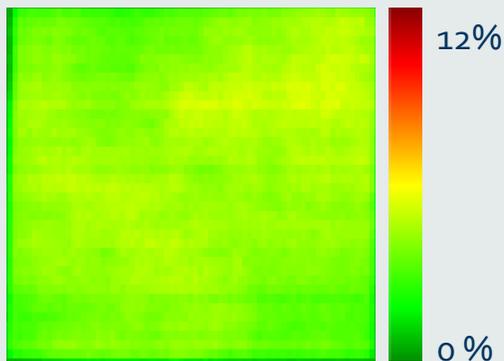
Feuchte 11,06 %



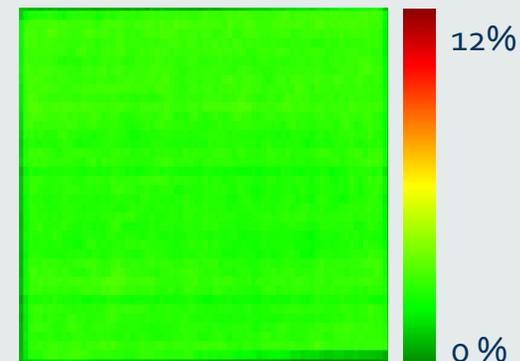
Feuchte 7,54 %



Feuchte 4,3 %



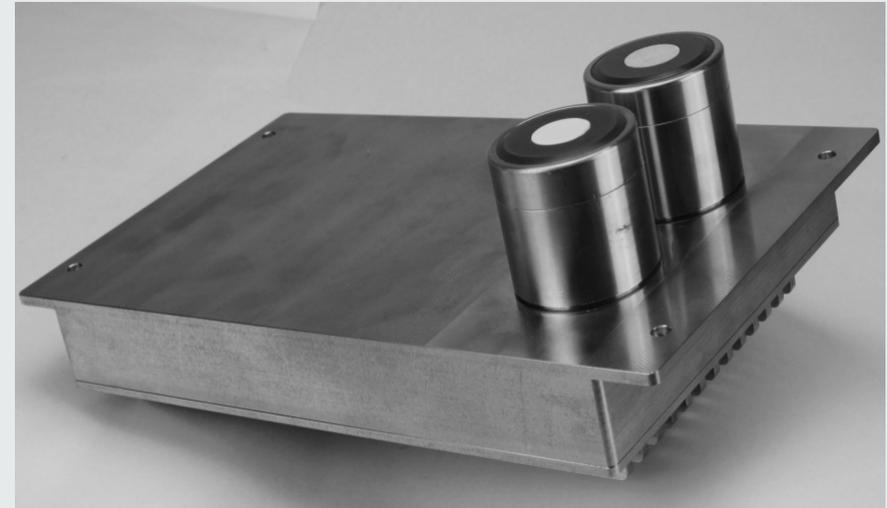
Feuchte 2,73 %



- Versuchsaufbauten im Technikumsmaßstab (Vorversuche)
- Mikrowellensensor:
- Entwässerungsverhalten von 9 verschiedenen Substraten
- Kalibrierung der Mikrowellensensoren an laufenden Bahnen
- Endlosfoulard für hohe Feuchtigkeitsbereiche
- Veredlungstrecke mit Saugbalken für niedrige Feuchtigkeitsbereiche
- Analyse der experimentellen Abhängigkeiten
- Einschätzung der Substratunabhängigen Kalibration NIR-Kamera
- Verbesserung der Empfindlichkeit der Detektion von Beauflagungen
- Applikation von 5 verschiedenen Flotten
- Schrittweise Verdünnung, um Bestimmungsgrenzen zu ermitteln
- Reproduzierbarkeit von NIR-Spektren an laufenden Warenbahnen
- Aufbau der gesamten Kontroll- und Regeltechnik

# Überblick

- Motivation
- Messprinzip
- Versuchsaufbau
- Messergebnisse
- Berührungsloser Feuchtesensor
- Testaufbau mit erweitertem Sensorarray
- Zusammenfassung und Ausblick

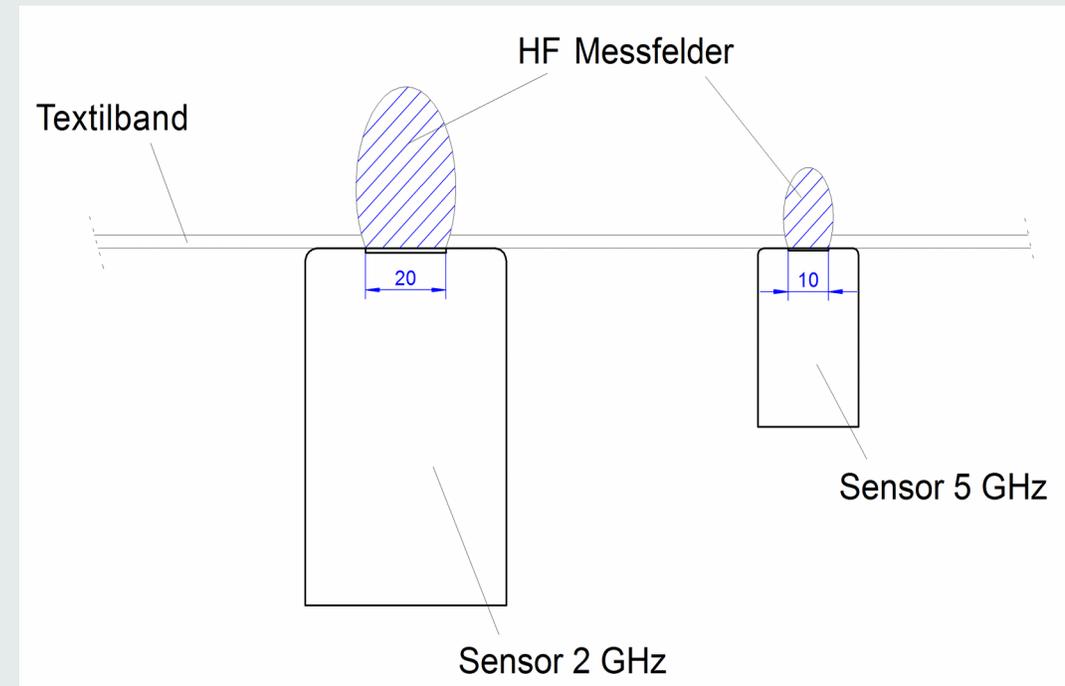


# Motivation

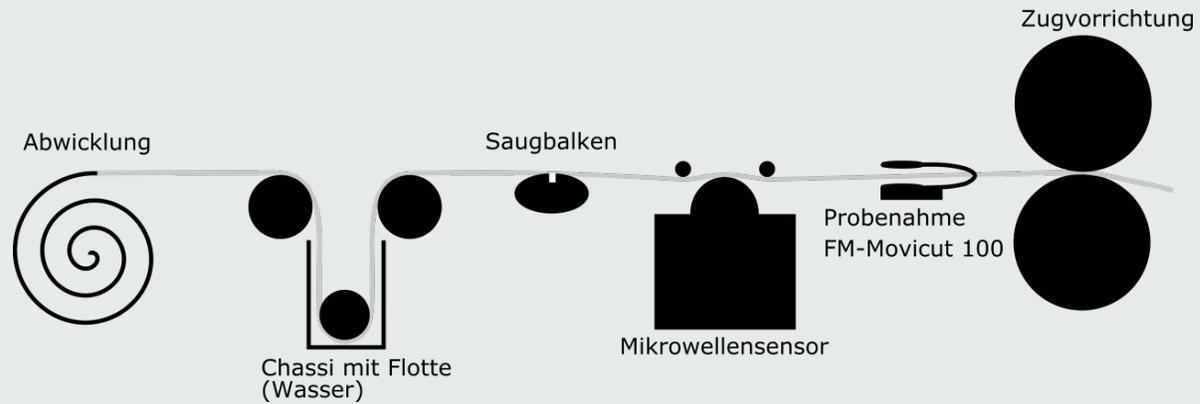
- Einsatz eines Feuchtesensors bei der Textilveredelung zur Energieeinsparung
- Reduzierung des Kalibrieraufwands bei ständig wechselnden Textilarten durch Verwendung eines Sensorarrays
- Messkonzept
- Wasser besitzt eine relativ hohe Permittivität
- Feuchte Ware wird am Sensor geführt
- Rückschluss auf den absoluten Wassergehalt des Textils

# Messprinzip

- Verwendung von Sensoren mit unterschiedlichen HF-Feldgeometrien und damit unterschiedlichen Eindringtiefen des Messbereichs.
- Dadurch unterschiedlicher Einfluss der Materialdicke auf das Messergebnis
- Damit die Möglichkeit Materialdicke und Feuchtegehalt zu bestimmen.



## Versuchsaufbau

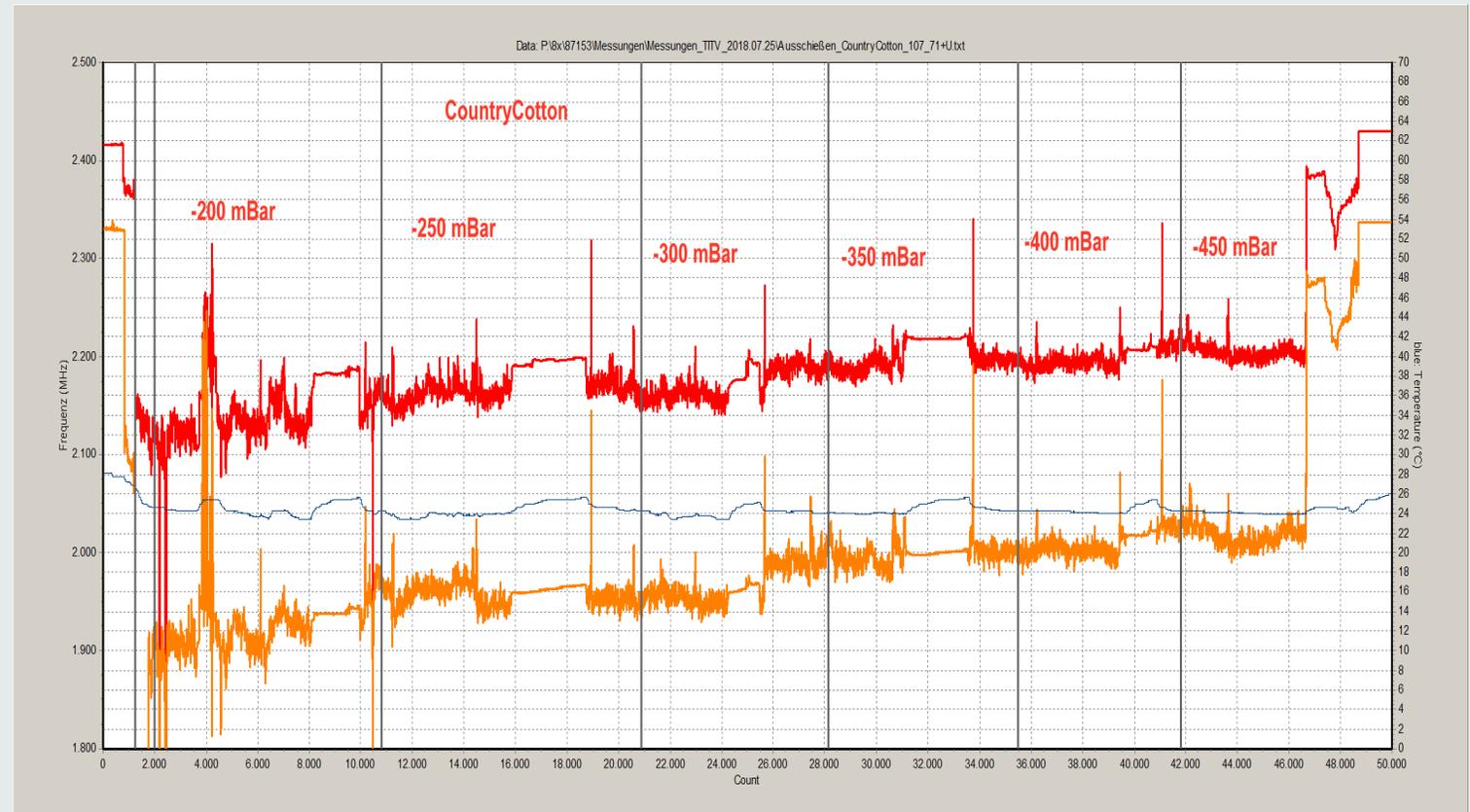


- Für einen 5 GHz Sensor ist der Kontakt zur Textilbahn zu kritisch.
- Deshalb die Verwendung von 2 Sensoren mit 2 GHz mit unterschiedlichen Resonatorgeometrien.



# Messergebnisse

- Messergebnisse für einen Versuchslauf mit einem 2fach Sensorarray.
- Beide Sensoren liefern schwach divergierende Messergebnisse.

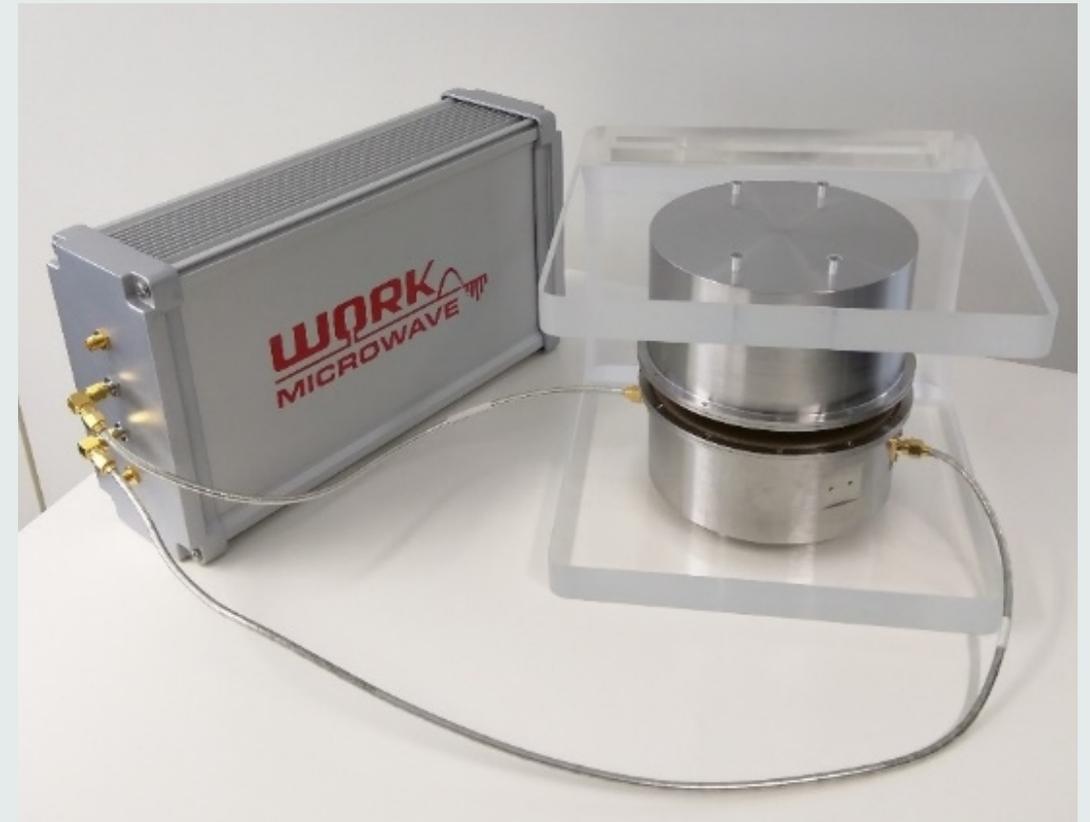


# Messprinzip

- Die Sensoren sind für die Feuchtemessung geeignet.
- Die verwendeten Sensoren sind bezüglich der Feldgeometrie und der Arbeitsfrequenzen zu ähnlich.
- Aufgrund der geringen Dicke von Textilien sind die resultierenden Signal-Divergenzen für eine Selbst-Kalibrierung zu gering.
- Als neuer Ansatz für die weiteren Arbeiten wurde ein Messarray aus berührenden und nicht berührenden Sensoren konzipiert.
- Der berührungslose Sensor hat im Gegensatz zu Kontaktsensoren ein weitgehend homogenes HF-Feld.
- Lage der Textilbahn im Spalt des Sensors ist ohne Einfluß auf die Messung.

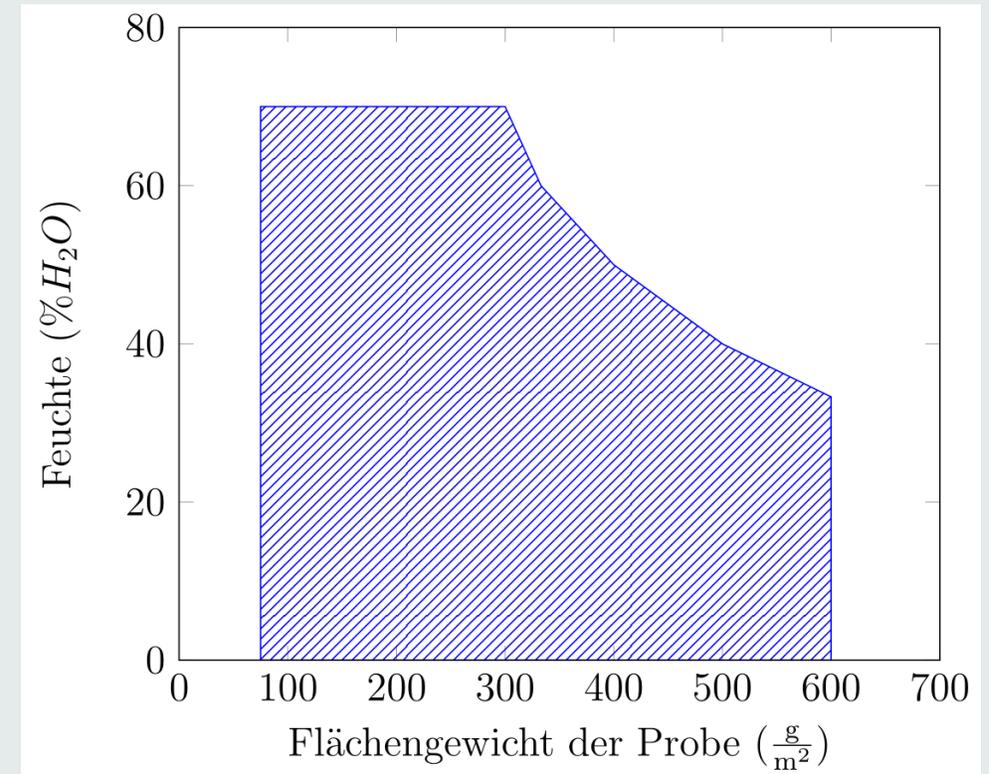
# Berührungsloser Feuchtesensor

- Geteilter Hohlraumresonator
- Aktiver und passiver Teil liegen sich gegenüber
- Messobjekt beeinflusst das elektrische Verhalten
  - Verstimmung der Resonanzfrequenz
  - Dämpfung
  - Luftspalt  $\Delta d = 13\text{mm}$
- Geeignet für Materialbahnen

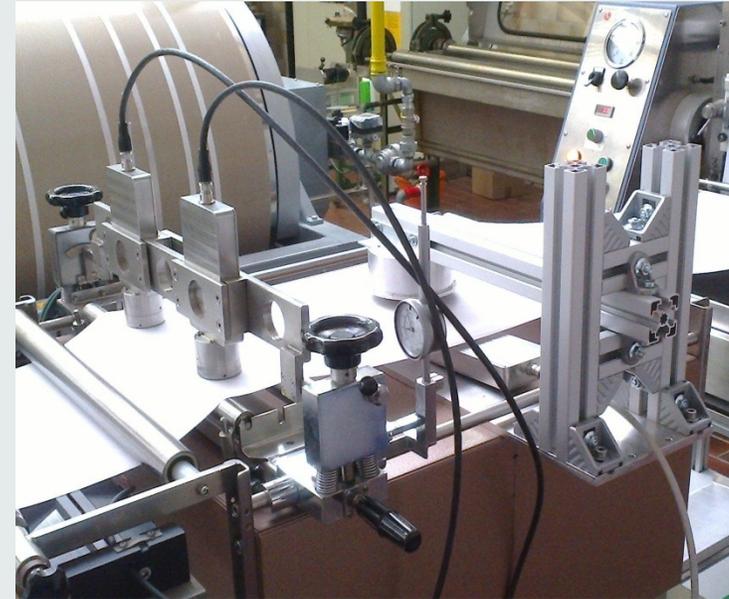
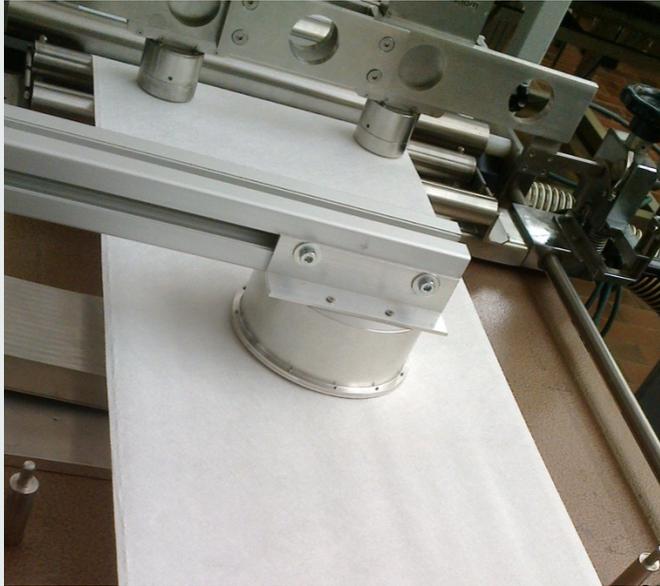


# Berührungsloser Feuchtesensor

- Vorläufige Spezifikation
- Untere Grenze des Flächengewichts  $75 \text{ g/m}^2$
- Obere Grenze des Flächengewichts  $600 \text{ g/m}^2$
- Messung der Feuchte bis zu  $70 \%$
- Messbereich des Wassergehalts bis  $200 \text{ g/m}^2$
- Auflösung der Feuchte  $0,1 \%$
- Labormessung einer Probe mit Feuchte  $< 10 \%$  und leichtem Material
- Erzielbare Auflösung des Wassergehalts bis zu  $15 \text{ mg/m}^2$  bei Material mit  $75 \text{ g/m}^2$
- Entspricht einer Auflösung der Feuchte von  $0,02 \%$



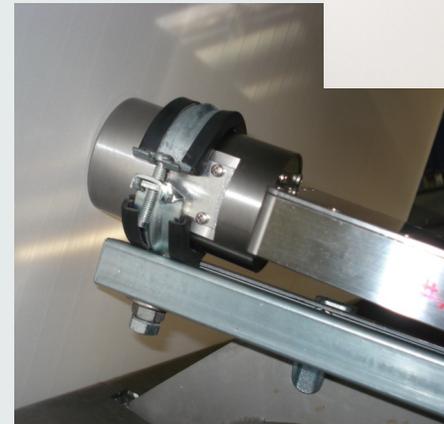
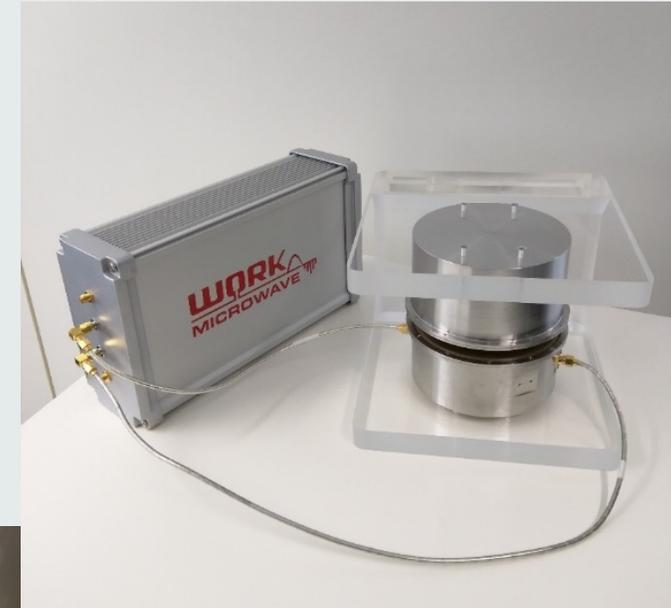
## Testaufbau mit erweitertem Sensorarray



- Mögliche Ansätze zur Verbesserung:
- Mittelwertbildung aus mehreren Messungen
- Näherung an bekannte Funktion durch Ansatz kleinster Fehlerquadrate

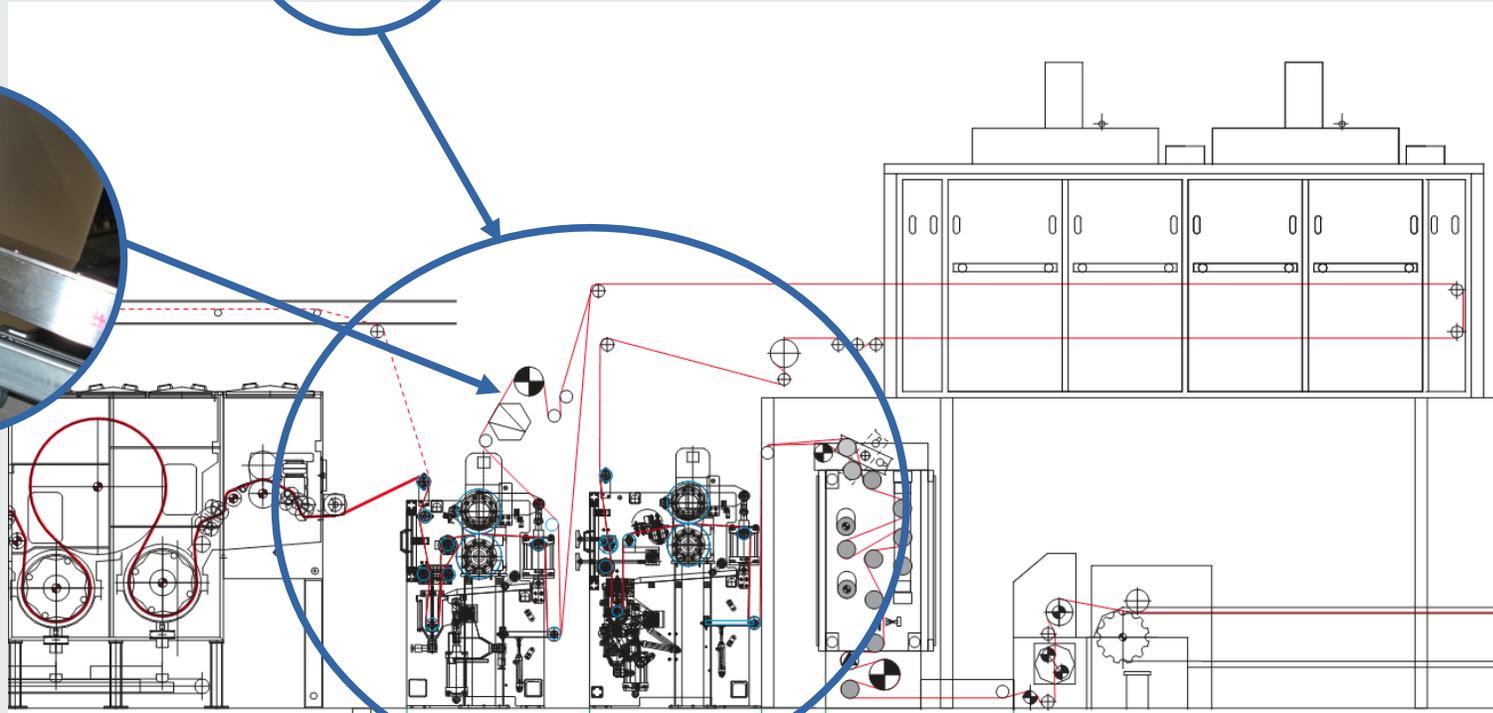
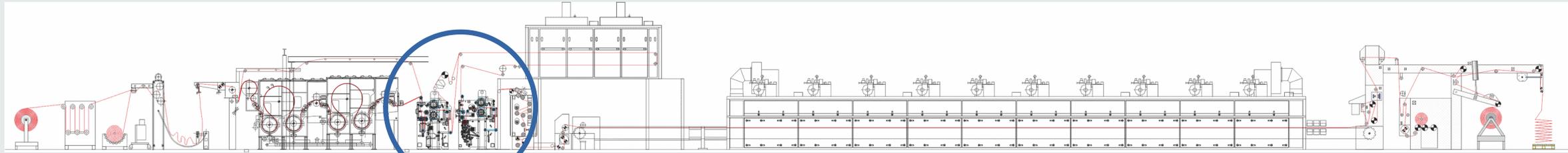
## Zusammenfassung und Ausblick

- Die Untersuchungen mit erweitertem Feuchtesensorsystem werden fortgesetzt.
- Der neue Aufbau der Signalverarbeitung im berührungslosen Sensor erlaubt schnellere und präzisere Auswertung.
- Sensortyp mit geteiltem Resonator zur kontaktlosen Messung ist für den späteren industriellen Einsatz die bessere Lösung.



# Bereitgestellte Muster

Arikel	Schichte / Präparationen	Bindungsart	● Materialzusammensetzung
16000640	Avivage	Gewebe	● 100% Polyester
12SO2250	Avivage	Gewebe	● 100% Polyamid
Sonnenschutz	PVA	Gewebe	● 100% Polyester
Skisack	Avivage	Gewebe	100% Polyester
Prem. Backlit	PES	Gewebe	100% Polyester
Country Cotton	Natürliche Wachse	Gewebe	100% Baumwolle
7058	Bedrucktes Banner	Gewirke	100% Polyester
Ro80970101	Renosin Formaldehyd Latex (Rußschwarz eingefärbt)	Gewebe	100% Polyamid
256045	Renosin Formaldehyd Latex	Gewebe	65% Polyester / 35% Baumwolle



Kante  
E-Foulard

Kante  
A-Foulard

Kante  
Richtgerät

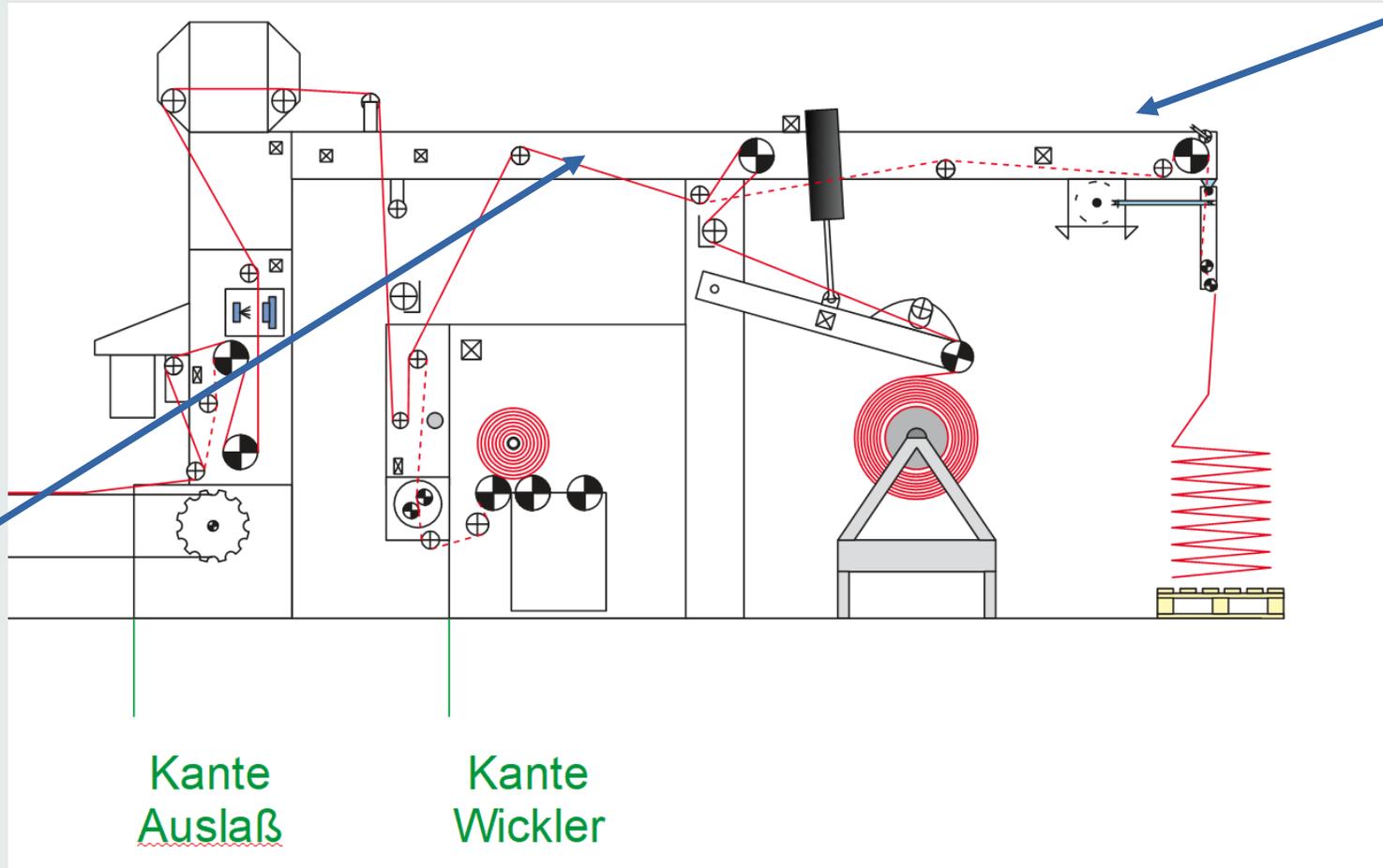
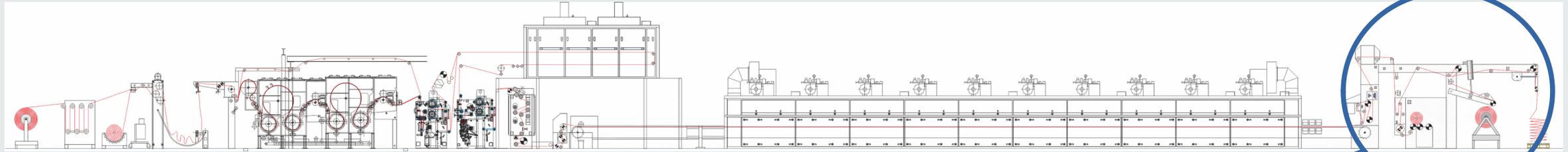
Kante  
Bühne

Kante  
VT-Bühne

TTT TTT TTT  
SSS  
Schnelligkeit  
Sicherheit  
Service

# Thorey

Textilveredelung



Kante  
Auslaß

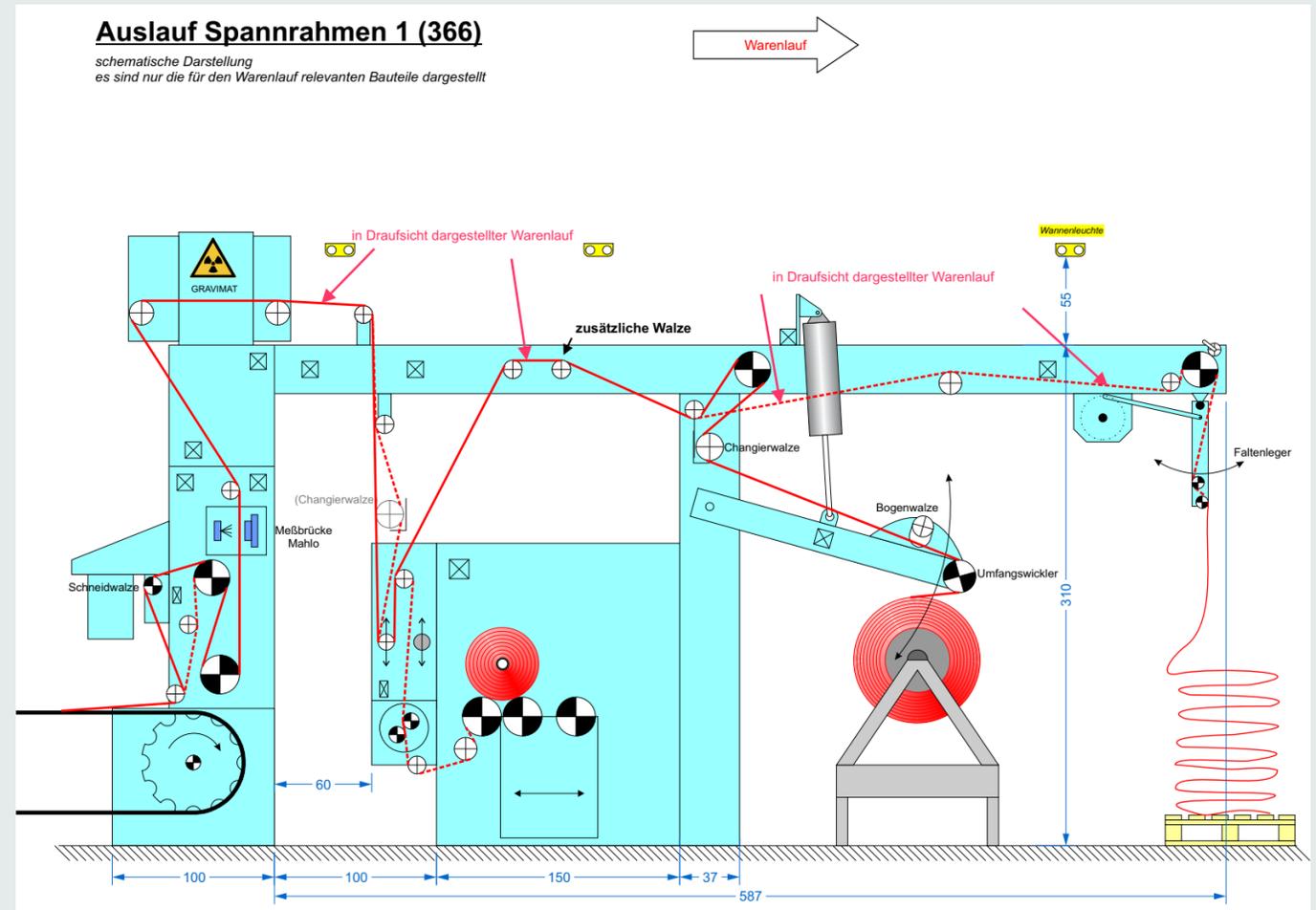
Kante  
Wickler

TTT TTT TTT  
SSS  
Schnelligkeit  
Sicherheit  
Service  
**Thorey**  
Textilveredelung

# Spannrahmen

## Auslauf mit

## NIR Kamera



Ich habe keine besondere  
Begabung, sondern bin nur  
leidenschaftlich neugierig.

Albert Einstein (1879 - 1955) theoretischer Physiker

Vielen Dank an unsere Projektpartner, die sich intensiv mit dem Thema beschäftigten, neue Technologien entwickelten, neue Materialien erprobten und die Zeit, die Sie in das Projekt investiert haben.

Das DBU Projekt Az.33864/01-21 wurde im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir danken den genannten Institutionen, insbesondere Deutsche Bundesstiftung Umwelt für die Bereitstellung der finanziellen Mittel.

Vielen Dank für  
Ihre  
Aufmerksamkeit



Das Institut für Spezialtextilien  
und flexible Materialien

