

## Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf

# Eine Methode zur Charakterisierung und Prognose des kapillaren Flüssigkeitseinzugs in textile Fasergebilde

Tobias Maschler<sup>1</sup>, Thomas Stegmaier<sup>2</sup>, Hermann Finckh<sup>2</sup>,  
Meike Tilebein<sup>1</sup>, Götz T. Gresser<sup>2</sup>

31. Hofer Vliesstofftage, 9.-10.11.2016 in Hof

<sup>1</sup> Zentrum für Management Research

<sup>2</sup> Institut für Textil- und Verfahrenstechnik

der DITF D  
der DITF Denkendorf



# AiF 18514 N „Kapillare Steigkinetik“ – Abschlussworkshop am 22.11.2016

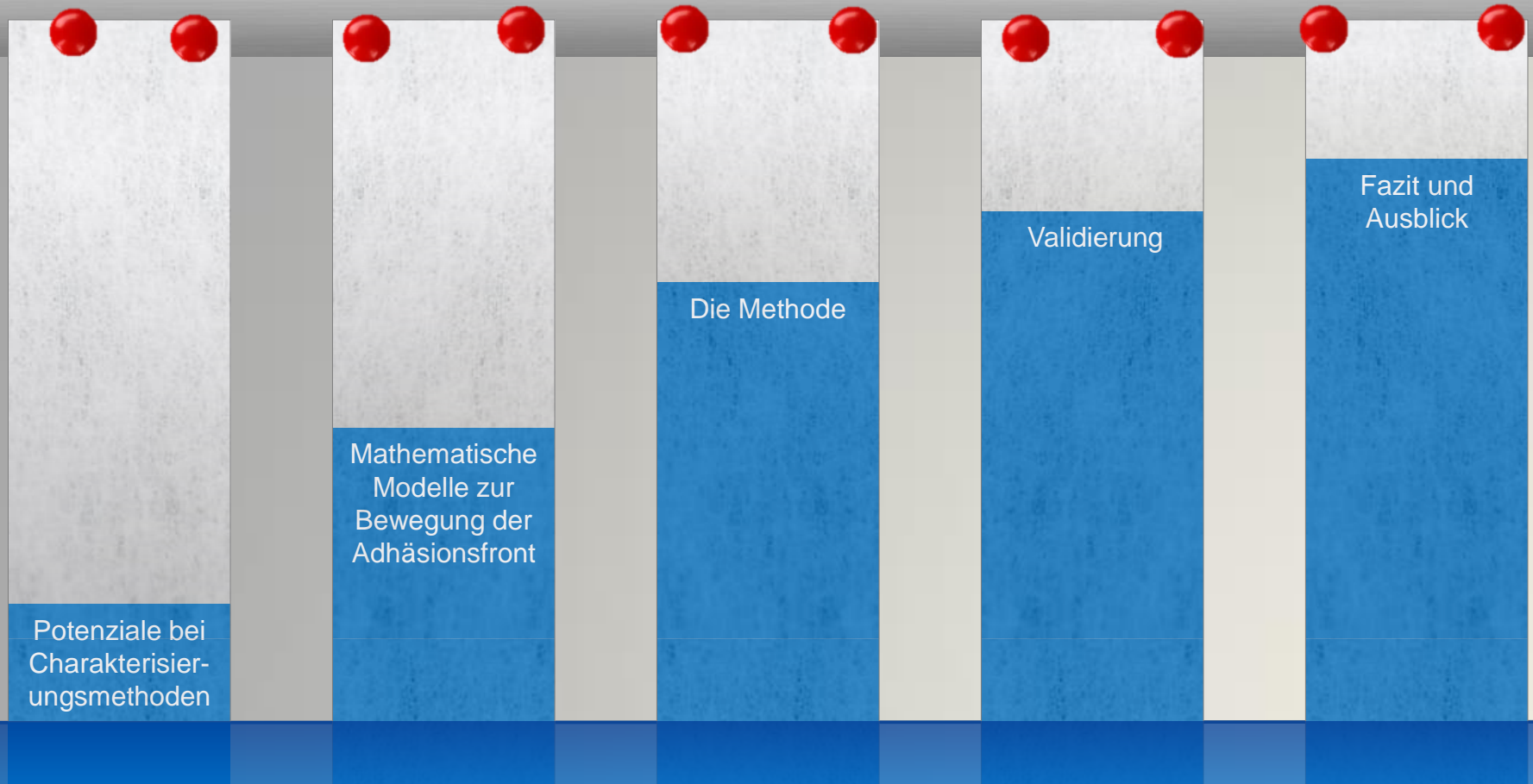
## Der kapillare Flüssigkeitseinzug in textile Fasergebilde Charakterisierung und Anwendungen des Projektes

### Programm

Dienstag, 22. November 2016

- |                      |  |                      |   |
|----------------------|--|----------------------|---|
| <b>10:00 – 10:15</b> | Begrüßung<br><i>Ulrike Möller (Netzwerkmanagerin AFBW e.V.)<br/>Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser<br/>(Vorstand der DITF Denkendorf, Leiter ITV)<br/>Prof. Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Meike Tilebein (Leiterin DITF-MR)</i>   | <b>12:15 – 12:30</b> | Innovationsmanagement – Wissen produktiv machen als Teil der Unternehmensstrategie<br><i>Prof. Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Meike Tilebein (Leiterin DITF-MR)</i>   |
| <b>10:15 – 11:00</b> | Projektergebnisse<br>– Neue Methode zur Charakterisierung des Flüssigkeitseinzugs in textile Fasergebilde<br>– Übertragbarkeit der Ergebnisse des senkrechten Flüssigkeitseinzugs auf den horizontalen Flüssigkeitseinzug<br><i>Dipl.-Ing., MEng(EUR) Tobias Maschler (DITF-MR)<br/>PD Dr.-Ing. Thomas Stegmaier (ITV)</i> | <b>12:30 – 13:30</b> | Mittagspause  |
| <b>11:00 – 11:30</b> | Neuartige Dochtstrukturen zum kapillaren Flüssigkeitstransport im Pflanzenbau und zur Raumluftbefeuchtung<br><i>Dipl.-Ing. Textil (FH) Martin Schmidt<br/>(Westdeutsche Dochtfabrik GmbH &amp; Co. KG)</i>   | <b>13:30 – 14:30</b> | Workshop<br>– Steighöhenversuche durchführen<br>– Messreihen aufnehmen<br>– Auswertungen: Max. Steighöhe und Kapillarkonstante identifizieren<br><i>Dipl.-Ing., MEng(EUR) Tobias Maschler (DITF-MR)</i> |
| <b>11:30 – 12:00</b> | Auf dem Weg zu einer Messeinrichtung zur automatisierten Charakterisierung der Kapillarkinetik<br><i>Markus Mayr, MBA (Lenzing Instruments GmbH &amp; Co. KG)</i>  | <b>14:30 – 15:00</b> | Der kapillare Flüssigkeitseinzug im Computertomographen – Erkenntnisse und Potenziale<br><i>Dipl.-Ing. Hermann Finckh (ITV)</i>   |
| <b>12:00 – 12:15</b> | Die Innovationsallianz Baden-Württemberg – Leidenschaftlich forschen. Verbindend denken. Zuverlässig handeln.<br><i>Dr.-Ing. Thomas V. Fischer (DITF-MR)</i>   | <b>15:30 – 15:30</b> | Ausblick: Anwendungspotenziale, Forschungsbedarf<br><i>Dipl.-Ing., MEng(EUR) Tobias Maschler (DITF-MR)<br/>PD Dr.-Ing. Thomas Stegmaier (ITV)</i>   |
|                      |  | <b>15:30</b>         | Ende des öffentlichen Teils<br>Gespräche & Kaffee   |

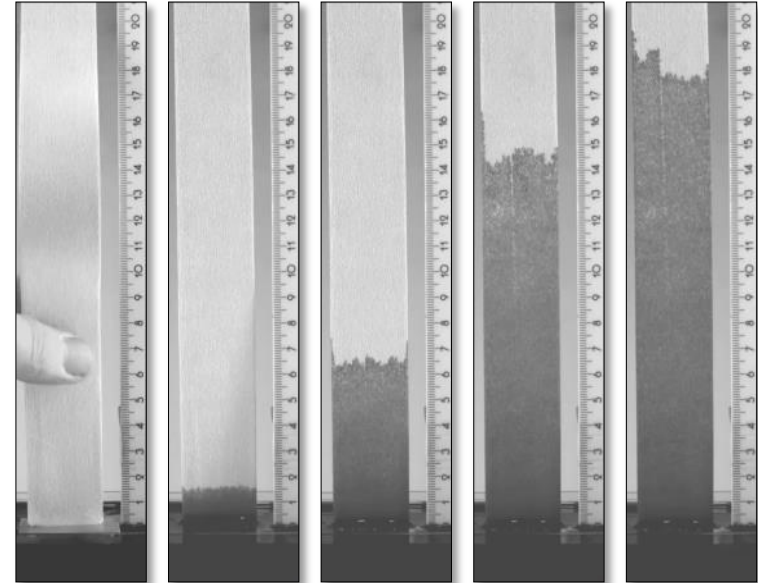
# Übersicht



# Potenziale bei Charakterisierungsmethoden zur Aufnahme von Flüssigkeiten in textile Fasergebilde

## ▪ Existierende Normen

- DIN 53924: Bestimmung der Sauggeschwindigkeit von textilen Flächengebilden gegenüber Wasser
  - Zu bestimmten Zeitpunkten abgelesene Höhe der senkrecht eingezogenen Flüssigkeitsfront
- ISO 9073: Prüfverfahren für Vliesstoffe, u.A.:
  - Flüssigkeitsabsorption + Dochtwirkungsgeschwindigkeit (Teil 6)
  - Durchdringzeit von Flüssigkeiten (Teil 8, Teil 13)
  - Ablaufverhalten (Teil 11)
  - Saugfähigkeit (Teil 12)



Die Bilder wurden freundlicherweise von der Lenzing Instruments GmbH & Co. KG zur Verfügung gestellt.

## ▪ Was fehlt?

- Rückführung des Zeitverhaltens beim kapillaren Flüssigkeitseinzug auf ein mathematisches Modell

→Parameter, die das Verhalten des Systems «textiles Fasergebilde + Flüssigkeit» auf einfache Art und Weise beschreiben

## ▪ Viel versprechender Ausgangspunkt:

- AiF 16828 BG „Einzelfasercharakterisierung bezüglich ihrer Verarbeitbarkeit zu Vliesstoffen und der resultierenden Produkteigenschaften“ von STFI/ DITF-MR: *erstes mathematisches Modell* zum Flüssigkeitseinzug in textile Fasergebilde.

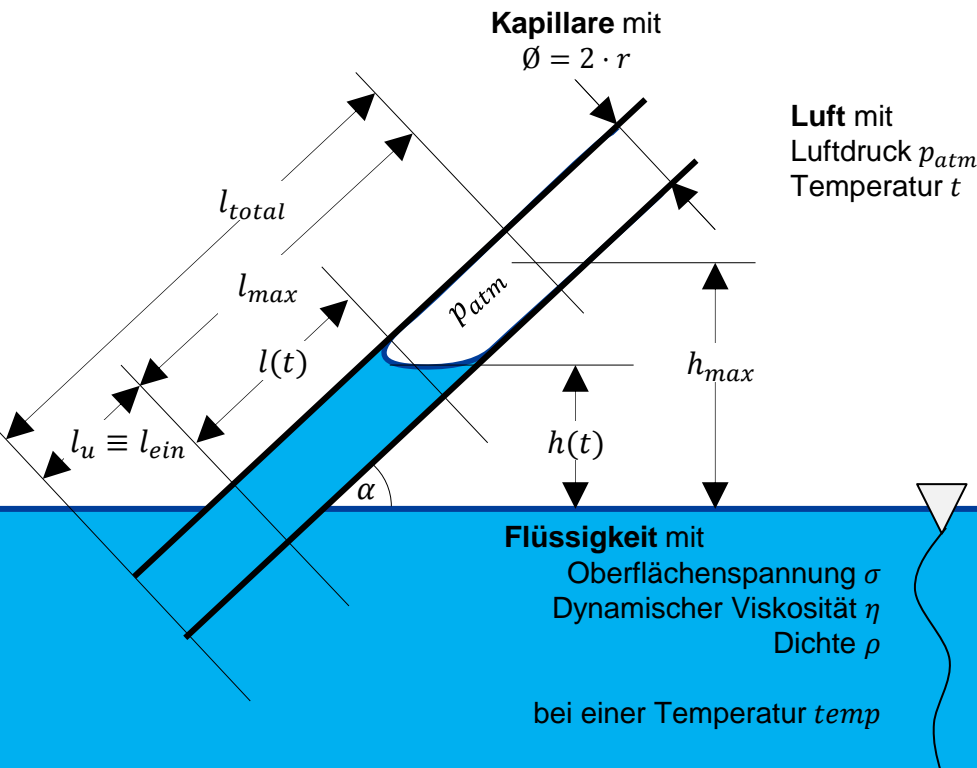
# Mathematische Modelle zur Bewegung der Adhäsionsfront in Kapillaren

## ▪ Ersatzmodell «Runde Kapillare»

- Adhäsionskraft des Flüssigkeitsspiegels und Gewichtskraft der Flüssigkeitssäule in der Kapillaren streben einen Gleichgewichtszustand an
- Die Parameter  $v$  und  $h_{max}$  hängen von Eigenschaften der Kapillaren und der Flüssigkeit ab:

$$h_{max} = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot r} \quad v = \frac{\rho \cdot g \cdot r^2}{8 \cdot \eta}$$

$\frac{dl}{dt} =$	$v$	$\cdot \frac{h_{max} + \sin(\alpha) \cdot l_u}{l_u + l(t)}$	$\cdot \left(1 - \sin(\alpha) \cdot \frac{l_u + l(t)}{h_{max} + \sin(\alpha) \cdot l_u}\right)$
Geschwindigkeit der Fließfront	Geschwindigkeitskonstante	Einfluss der Fließfront-Position	Einfluss der Gravitationskraft



## ▪ Nichtrunde Kapillaren:

$v$ ,  $h_{max}$  und  $l_u$  können mittels Parameteridentifikation aus Zeitreihen für  $l(t)$  bestimmt werden.

## ▪ Vertikaler Fall mit $\alpha = 90^\circ \rightarrow \sin(\alpha) = 1$ :

$$\frac{dl}{dt} = v \cdot \frac{h_{max} + l_u}{l_u + l} \cdot \left(1 - \frac{l_u + l}{h_{max} + l_u}\right)$$

## ▪ Horizontaler Fall mit $\alpha = 0^\circ \rightarrow \sin(\alpha) = 0$ :

$$\frac{dl}{dt} = v \cdot \frac{h_{max}}{l_u + l}$$

- Washburn-Kapillarkonstante:  $c = v \cdot h_{max}$

→ Wir können – nach entsprechender Validierung – Kenntnisse vom senkrechten Flüssigkeitseinzug auf den waagerechten Flüssigkeitseinzug übertragen.

# Die Methode in 6 Schritten – Schritt 1

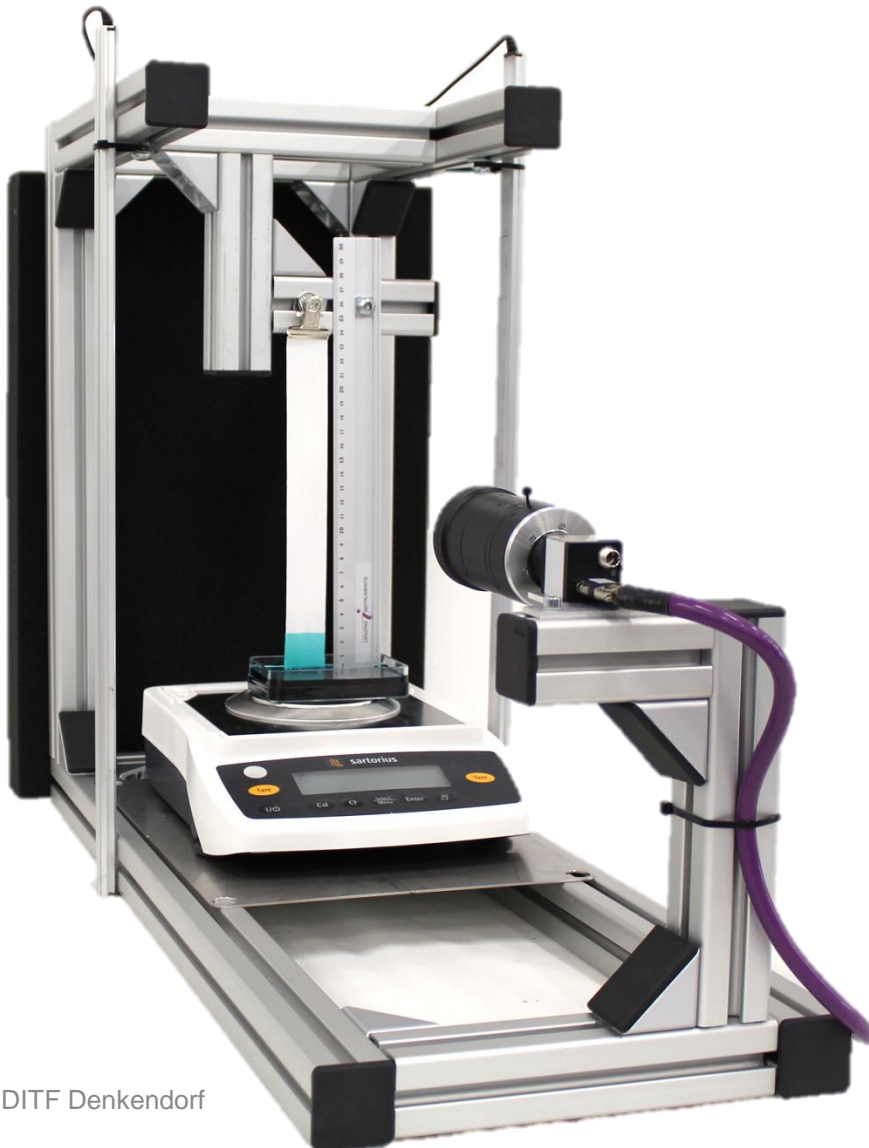
## 1. Gegebenenfalls: Vorversuche

2. Proben vorbereiten
3. Messreihen zum Flüssigkeitseinzug aufnehmen
4. Zeitreihen aus Aufnahmen identifizieren
5. Parameteridentifikationen durchführen
6. Unsicherheit der identifizierten Parameter bestimmen

- Einen Ausschnitt der Probe in die Flüssigkeit stellen und beobachten.
- Wie schnell zieht die Flüssigkeit ein?
- Wie hoch steigt sie voraussichtlich?
- Funktioniert der Farbstoff wie geplant?
- Wie lange könnte ein Versuch dauern?

# Aufbau der Messeinrichtung

- Klassischer Steighöhenversuch
  - + Waage für die restliche Flüssigkeit
  - + Kamera
  - + Beleuchtung
  - + Programm zur automatischen Auswertung der Steighöhe
  - + Programm zur Parameteridentifikation
  - + Auswertungsroutine



Dieses Bild wurde freundlicherweise von der Lenzing Instruments GmbH & Co. KG zur Verfügung gestellt.

## Die Methode in 6 Schritten – Schritt 2

1. Gegebenenfalls: Vorversuche

2. Proben vorbereiten

3. Messreihen zum Flüssigkeitseinzug aufnehmen

4. Zeitreihen aus Aufnahmen identifizieren

5. Parameteridentifikationen durchführen

6. Unsicherheit der identifizierten Parameter bestimmen

- Die Probennahme erfolgt wie gewohnt in Maschinen- und Querrichtung.
- Probenanzahl jeweils:  $\geq 5$
- Probenlänge: mindestens  $2 \text{ cm} + h_{max,geschätzt} \cdot 1 \frac{1}{3} + 5 \text{ cm}$
- Probenbreite:
  - 3 cm (DIN 53924)
  - oder breiter, z.B. 5cm (Mäander-effekte werden so besser sichtbar)



## Die Methode in 6 Schritten – Schritt 3

1. Gegebenenfalls: Vorversuche

2. Proben vorbereiten

**3. Messreihen zum Flüssigkeitseinzug aufnehmen**

4. Zeitreihen aus Aufnahmen identifizieren

5. Parameteridentifikationen durchführen

6. Unsicherheit der identifizierten Parameter bestimmen

- Messeinrichtung: analog zum Steighöhenversuch, weiter:
  - Links und rechts von der Probe befinden sich Lineale
  - Messeinrichtung kann geneigt werden
- a) Probe unten mit flach anliegenden Gewichten beschweren (z.B. Magnete)
- b) Probe wiegen
- c) Probe oben in die Messeinrichtung einspannen
- d) Flüssigkeit von unten an die frei hängende Probe heranfahren
  - Probe taucht  $l_{ein} = 20\text{mm}$  in Flüssigkeit ein
- e) Flüssigkeitseinzug mit bildgebendem Verfahren dokumentieren
- f) Probe noch einmal wiegen
- Temperaturschwankungen müssen ausgeschlossen werden.
- Verdunstung muss gegebenenfalls mit charakterisiert werden.

## Die Methode in 6 Schritten – Schritt 4

1. Gegebenenfalls: Vorversuche
2. Proben vorbereiten
3. Messreihen zum Flüssigkeitseinzug aufnehmen
4. Zeitreihen aus Aufnahmen identifizieren
5. Parameteridentifikationen durchführen
6. Unsicherheit der identifizierten Parameter bestimmen

- Zu gegebenen Zeitpunkten den Flüssigkeitseinzug in Kapillarrichtung ablesen
  - $i = 0 \Rightarrow l_0(t_0 = 0) = 0\text{mm}$
  - Sinnvoll:  $i \geq 30$  Wertetupel  $l_i(t_i)$ .
  - Am Bildschirm sehr bequem.
  - Die Zeitpunkte  $t_i$  müssen nicht unbedingt äquidistant sein.
  - Hier bestehen Automatisierungspotenziale.
  
- Ergebnisse:
  - Verschiedene Zeitreihen für den Flüssigkeitseinzug.
  - Gegebenenfalls: Screenshots mit Besonderheiten, z.B. Mäandereffekte.

## Die Methode in 6 Schritten – Schritt 5

1. Gegebenenfalls: Vorversuche
2. Proben vorbereiten
3. Messreihen zum Flüssigkeitseinzug aufnehmen
4. Zeitreihen aus Aufnahmen identifizieren
- 5. Parameteridentifikationen durchführen**
6. Unsicherheit der identifizierten Parameter bestimmen

- Gegeben: Zeitreihe  $l_i(t_i)$
- Zu bestimmen:  $v$ ,  $h_{max}$  und  $l_u$
- Initialwerte schätzen
- Mittels eines Fehlerminimier-Verfahrens die Parameter  $v$ ,  $h_{max}$  und  $l_u$  so anpassen, dass ein numerisches Integral des mathematischen Modells und die Zeitreihe  $l_i(t_i)$  möglichst aufeinander liegen
  - Verwendet: numerische Integration mittels Runge-Kutta 4. Ordnung sowie das Nelder-Mead-Verfahren zur Fehlerminimierung
- Ergebnis:
  - Für jede Zeitreihe ein Parametersatz  $[v, h_{max}$  und  $l_u]$  sowie der verbleibende Fehler
- Weiter bestimmbar: aufgenommenes Flüssigkeitsvolumen, z.B. in  $\text{ml/m}^2$ 
  - Flüssigkeitsaufnahme eilt der abgelesenen Einzugslänge leicht nach

# Kopieren (<STRG>+<C>) Sie aus Excel Kondaten und fügen Sie diese hier ein (<STRG>+<A>, dann <STRG>+<V>).  
 # Sobald Sie das Feld verlassen, werden die Daten eingelesen.

### Parameteridentifikation aus einer Zeitreihe

Bitte geben Sie die Bezeichnung der Parameter (z.B. Material + Flüssigkeit + Datum):

Zeitreihe WD006, 3.11.2016, 10:39:

- Vorgaben
- Zeitreihe eingeben

# Die erste Spalte enthält den Zeitpunkt (Format: hh:mm:ss),  
 # die zweite die abgelesene Steighöhe in mm.  
 # Die dritte Spalte ist optional, sie enthält die Höhe des Flüssigkeitsspiegels.  
 # Kommentarzeilen, Leerzeilen und solche, die nicht mit Ziffern beginnen, werden beim Einlesen ignoriert.

Zeitreihe

Zeit	Steighöhe
0:00	0
0:11	21
0:12	26
0:13	29
0:14	31
0:15	33
0:16	36
0:17	37
0:18	38
0:19	40
0:20	42
0:21	43
0:22	44

Zeitreihe löschen    Zeitreihe aus Excel einfügen

	Zeitpunkt	Steighöhe	Flüssigkeits- pegel	
$i$	$t_i$	$l_i$	$p_i$	
1	<input type="text" value="0"/> s	<input type="text" value="0"/> mm	<input type="text" value=""/> mm	<input type="button" value="⊖"/>
2	<input type="text" value="11"/> s	<input type="text" value="21"/> mm	<input type="text" value=""/> mm	<input type="button" value="⊖"/>

- Zu identifizierende Parameter auswählen
- Methoden zur Fehlerermittlung und -gewichtung auswählen
- Abbruchbedingungen festlegen

# Einzug von Flüssigkeiten in textile Fasergebilde

## Zeitreihe WD006, 3.11.2016, 10:39:19

Donnerstag, 3. November 2016 10:43

### Ersatzmodell: schräge Kapillare, auch mit nichtrundem Querschnitt

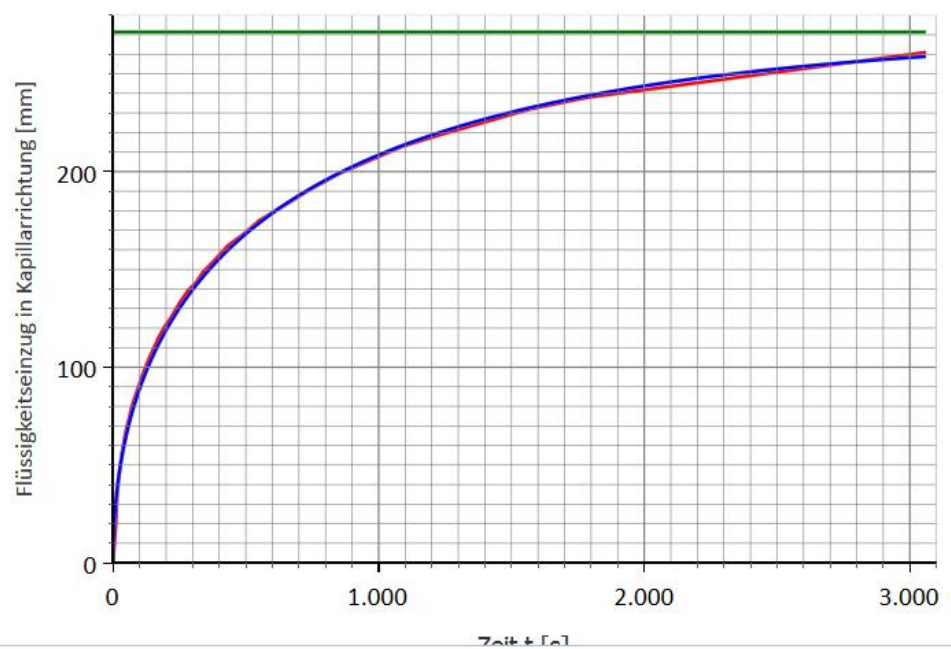
Flüssigkeitseinzug  $l(t)$  in eine mit dem Winkel  $\alpha$  zur Horizontalen geneigten Kapillaren nach:

$$\frac{dl}{dt} = \sin(\alpha) \cdot v \cdot \left( \frac{l_{max} + l_u}{l + l_u} - 1 \right)$$

Umgestellt nach der Washburn-Kapillarkonstanten  $c = v \cdot h_{max}$  ergibt sich folgende alternative Formulierung der Differentialgleichung:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{c}{l_u + l} \cdot \left( 1 - \frac{l}{l_{max}} \right)$$

Gemessene und geschätzte Zeitreihe



# Einzug von Flüssigkeiten in textile Fasergebilde

## Vorgaben

Neigungswinkel der Kapillaren zur Waagerechten	$\alpha$	90,00 °
--	----------	---------

## Identifizierte Modellparameter

Methode: Parameteroptimierung im Ersatzmodell mittels der Downhill-Simplex-Methode mit max. 5.000 Iterationen, der minimal zulässige Lösungsunterschied beträgt  $10^{-15}$ .

Makroskopischer Geschwindigkeitsparameter	$v = \frac{\rho \cdot g \cdot r^2}{8 \cdot \eta}$	0,188 mm/s
Max. Einzugslänge	$l_{max} = \frac{1}{\sin(\alpha)} \cdot \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos(\phi)}{\rho \cdot g \cdot r}$	271,3 mm
Max. Steighöhe	$h_{max} = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos(\phi)}{\rho \cdot g \cdot r}$	271,3 mm
Wirksame Eintauchtiefe	$l_u$	$< 10^{-3}$ mm
Startzeitpunkt	$t_0$	0 s

Hierbei ist zu beachten, dass die Kapillarradien in den Formeln des makroskopischen Geschwindigkeitsparameters und der maximalen Steighöhe für nichtrunde Kapillaren separat zu sehen sind, da eine erhöhte Reibung vorliegt.

Daraus abgeleitete Modelleigenschaften:

Zeitdauer, bis 95% der max. Einzugslänge erreicht ist	$t_{95} = \frac{-0,95 \cdot h_{max} - (l_u \cdot \sin(\alpha) + h_{max}) \cdot \ln(1-0,95)}{v \cdot \sin^2(\alpha)}$	2.945 s
Initiale Einzugs geschwindigkeit (schräg und waagerecht)	$\frac{dl}{dt}_{t=0} = \frac{c \cdot h_{max}}{l_u}$	$> 1.000$ mm/s
Washburn-Kapillarkonstante	$c = v \cdot h_{max}$	51,14 mm <sup>2</sup> /s

## Bewertung der Qualität der Schätzung

Die Qualität der Schätzung kann über den verbleibenden Schätzfehler ermittelt werden. Hierzu werden die Fehler  $r_i$  zwischen den Messwerten  $l_i$  und den Schätzwerten  $y_i$  ermittelt, mit den individuellen Faktoren  $w_i$  und  $z_i$  gewichtet und anschließend kumuliert. Ergebnis ist so der verbleibende

## Einzug von Flüssigkeiten in textile Fasergebilde

### Bewertung der Qualität der Schätzung

Die Qualität der Schätzung kann über den verbleibenden Schätzfehler ermittelt werden. Hierzu werden die Fehler  $r_i$  zwischen den Messwerten  $l_i$  und den Schätzwerten  $y_i$  ermittelt, mit den individuellen Faktoren  $w_i$  und  $z_i$  gewichtet und anschließend kumuliert. Ergebnis ist so der verbleibende Schätzfehler  $R$ .

$$R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot z_i \cdot r_i$$

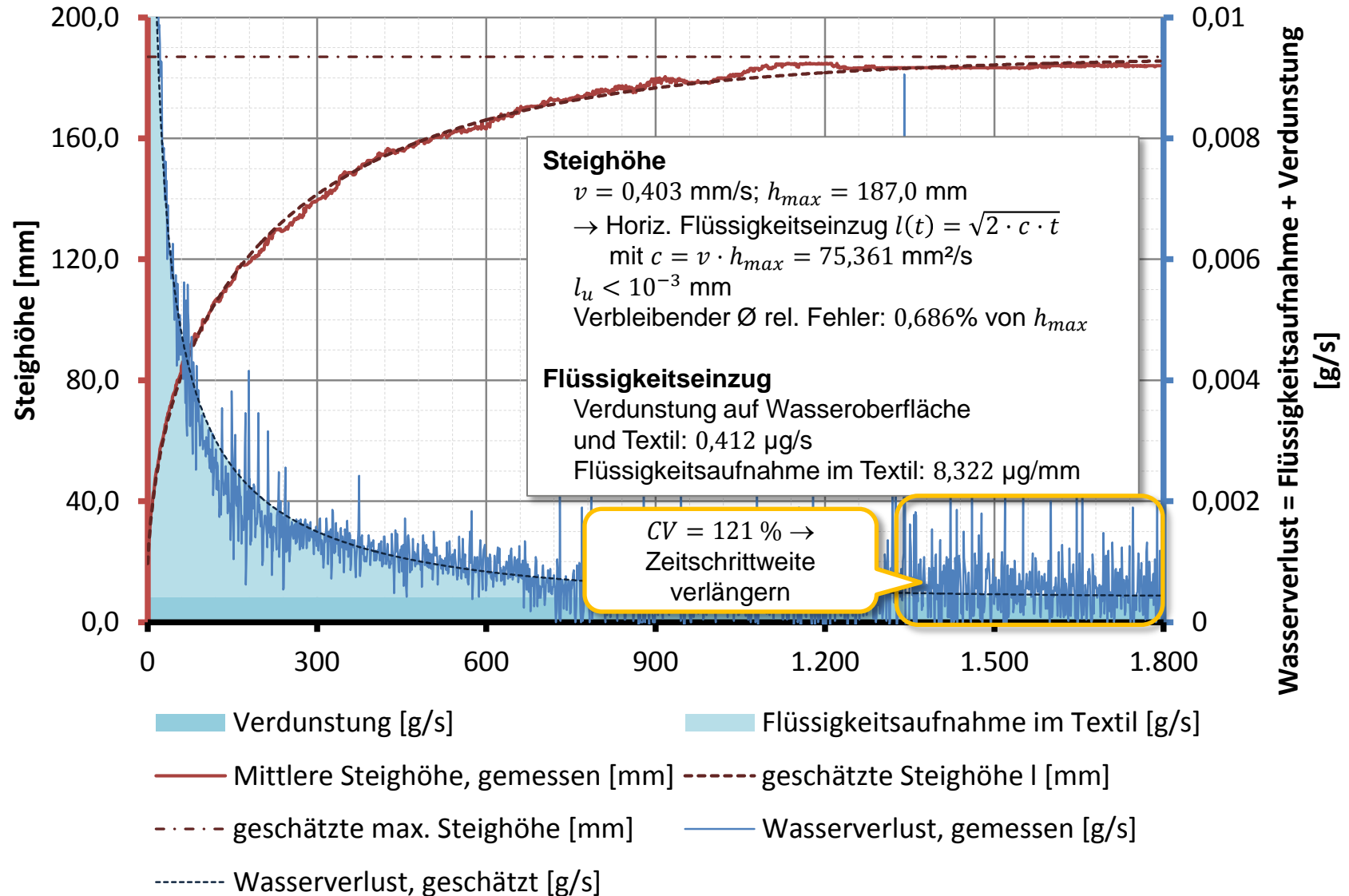
Gewichtung des Fehlers **nach Wichtigkeit**  $w_i = w_0 + (100\% - w_0) \cdot \frac{t_i}{t_n}$ ;  $w_0 = 100,0\%$

	Methode zur Fehlerermittlung	
Methode zur Gewichtung nach Länge des jeweils relevanten Zeitabschnitts	$r_i = (y_i - l_i)^2$	$r_i =  y_i - l_i $
$z_i = 1$	422,5 mm <sup>2</sup>	102,4 mm
$z_i = \frac{t_{i+1} - 2t_i + t_{i-1}}{2 \cdot (t_n - t_0)}$	min! 3,563 mm <sup>2</sup>	1,913 mm

Weitere Faktoren zum Bewerten der Qualität der Schätzung:

Verhältnis der Zeitreihenlänge zur Zeit, bis 95% der Steighöhe erreicht ist	$\frac{t_n}{t_{95}} \cdot 100$	103,9 %
Max. absoluter Fehler	$r_{abs,max} = \max( r_i )$	11,18 mm
Freiheitsgrade	DoF	39 -
Absoluter Fehler pro Freiheitsgrad	$r_{DoF} = \frac{1}{DoF} \sum_{i=1}^n  r_i $	2,627 mm
Durchgeführte Iterationen		532 -
Zum Abbruch der Schätzung noch verbleibender eliminierbarer Fehler		$0,444 \cdot 10^{-15}$

# Eine andere Parameteridentifikation mit Abschätzung der eingezogenen Flüssigkeitsmenge





## Die Methode in 6 Schritten – Schritt 6

1. Gegebenenfalls: Vorversuche
2. Proben vorbereiten
3. Messreihen zum Flüssigkeitseinzug aufnehmen
4. Zeitreihen aus Aufnahmen identifizieren
5. Parameteridentifikationen durchführen
6. Unsicherheit der identifizierten Parameter bestimmen

- Ziele:
  - Verlässliche Werte für  $v$ ,  $h_{max}$  und  $l_u$
  - Streuung der Parameter bestimmen
- Vorschläge
  - Mittelwerte sowie deren 95%-Konfidenzintervalle errechnen
  - Gegebenenfalls ergänzt durch manuelle Bewertungen der Güte der Parameteridentifikationen

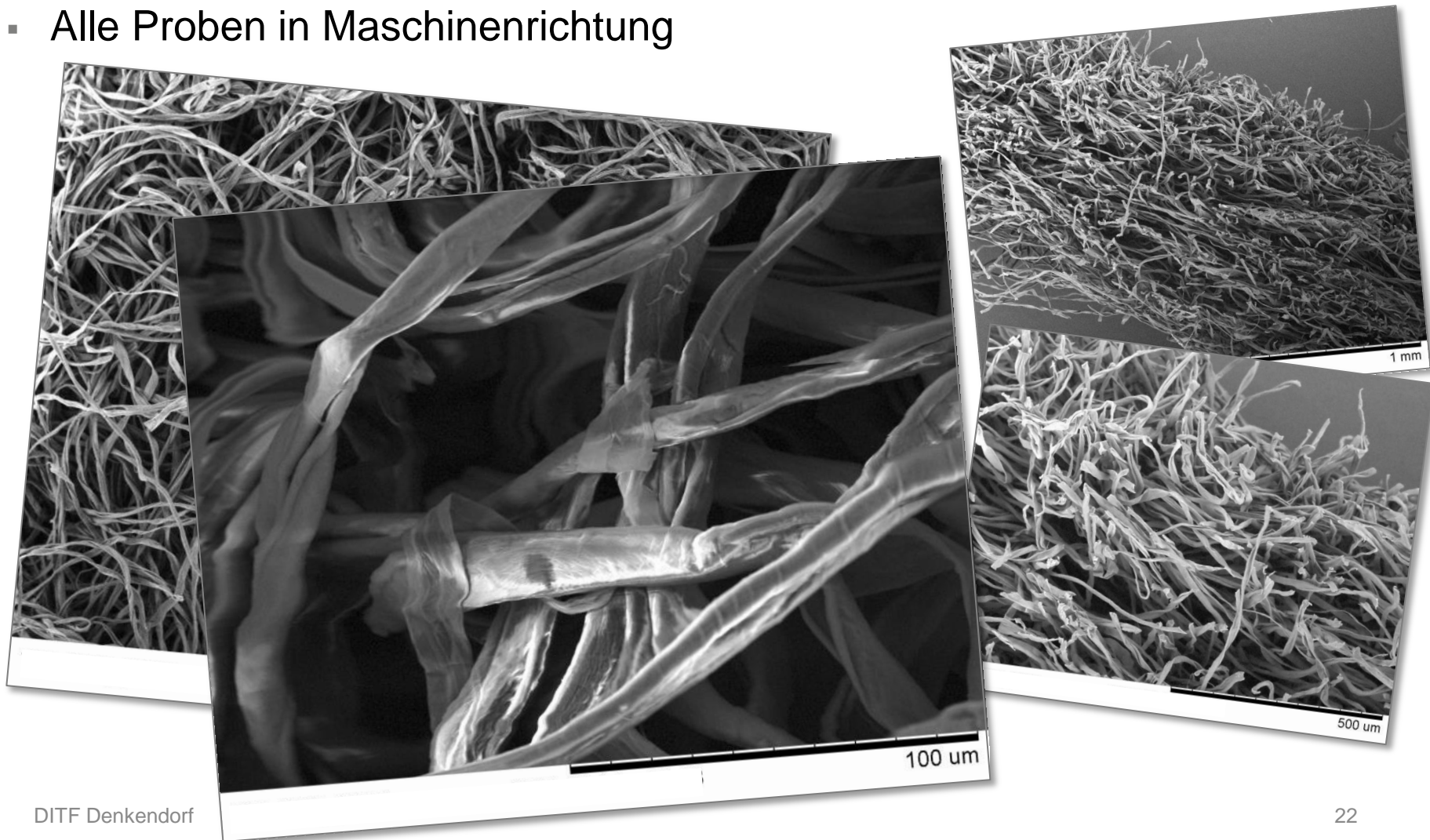
# Validierung

- Die Methode funktioniert überaus zufriedenstellend für verschiedene Arten von textilen Fasergebilden (Dochte, Gewebe, Vliese).
  - Typische Wertebereiche:
 

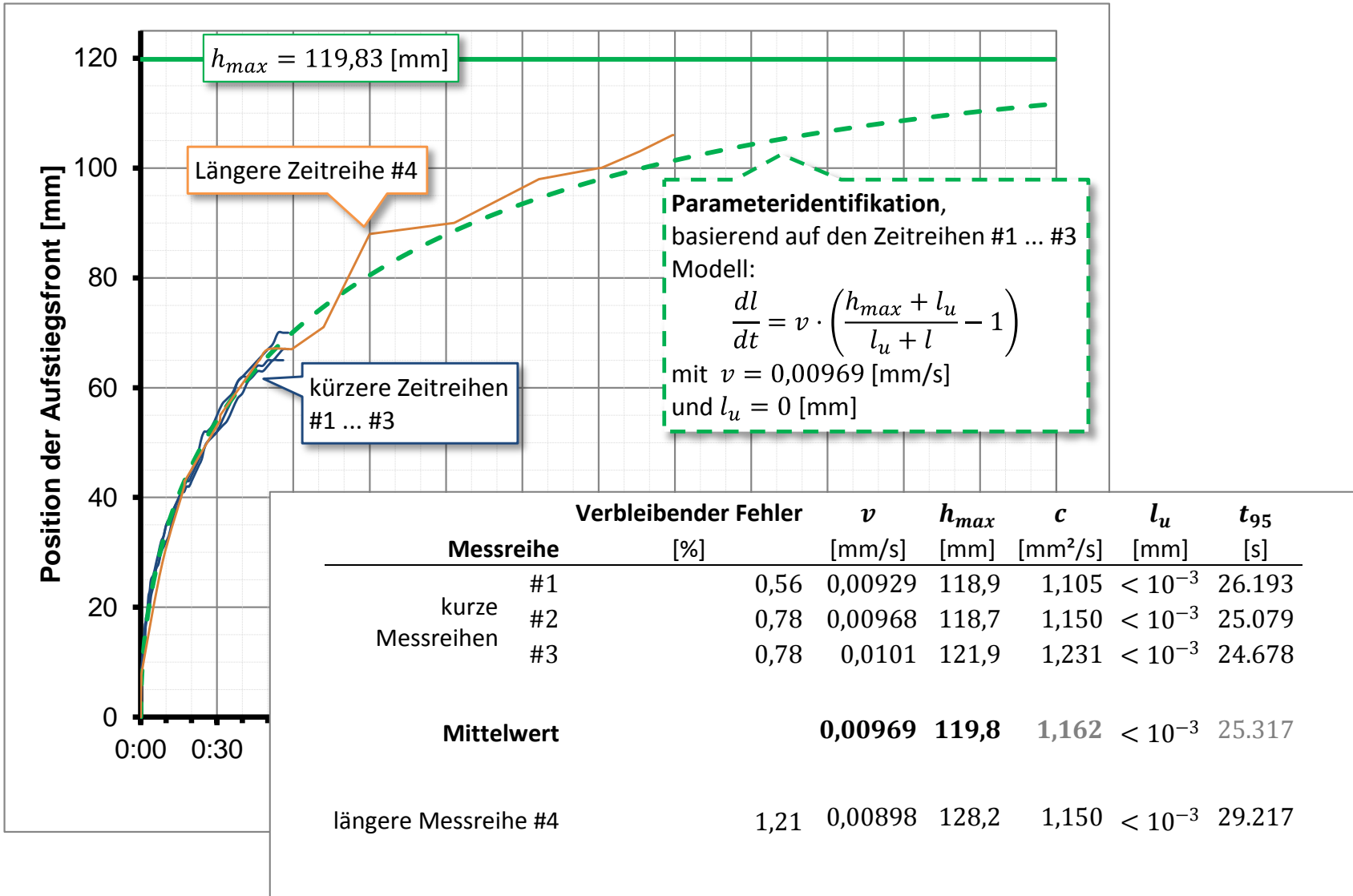
▪ Kapillargeschwindigkeit	$v = 0,001 \dots 2$	mm/s	
▪ Max. Steighöhe	$h_{max} = 0 \dots 500$	mm	(es geht auch mehr)
▪ Wirksame Eintauchtiefe	$l_u = 0 \dots 5$	mm	
▪ Washburn-Kapillarkonstante	$c = 0,05 \dots 100$	mm <sup>2</sup> /s	
▪ Zeitdauer, bis 95% der max. Steighöhe erreicht ist	$t_{95} = 5 \dots 10.000$	s	
- **Ziel:** Aufzeigen der Übertragbarkeit der Ergebnisse des vertikalen Flüssigkeitseinzugs auf den horizontalen Flüssigkeitseinzug.

## Validierung: Probe

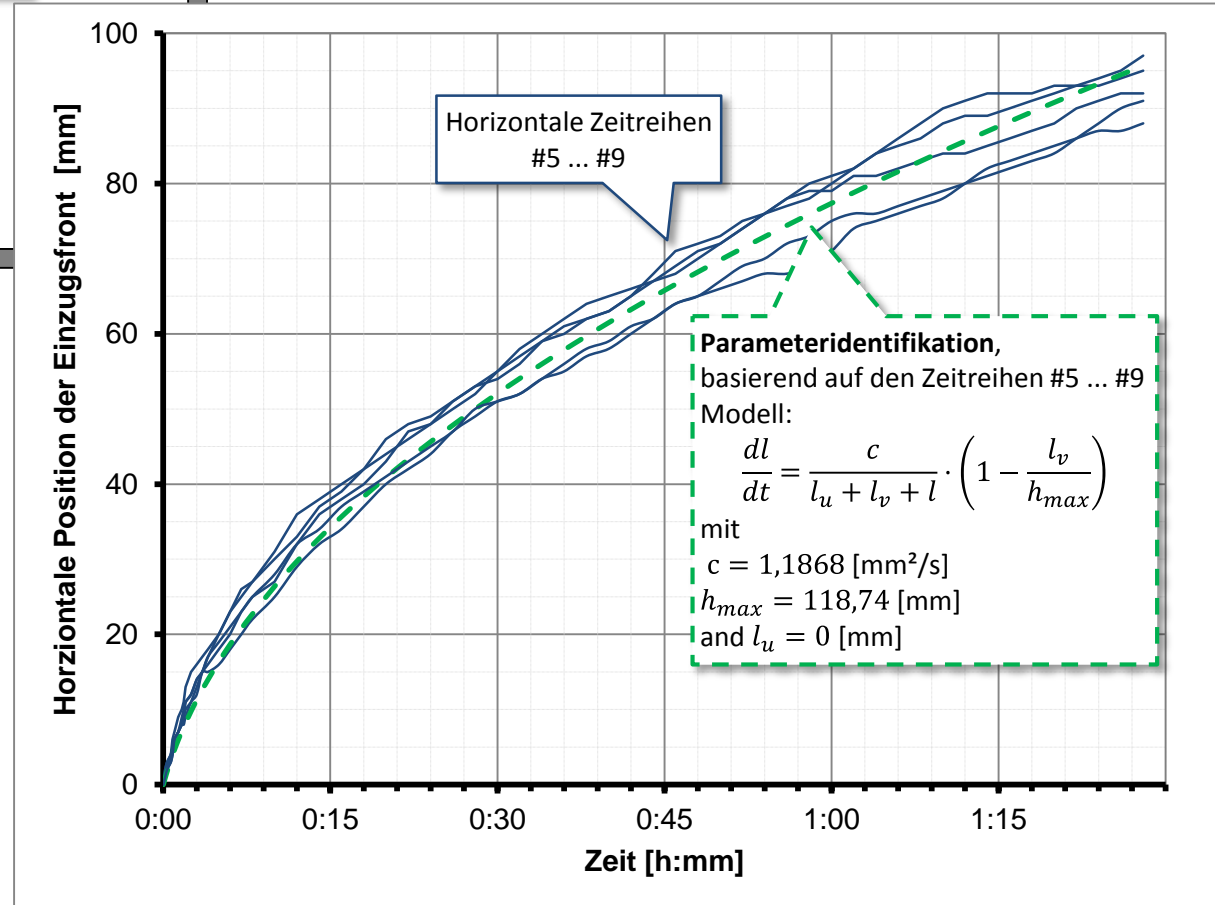
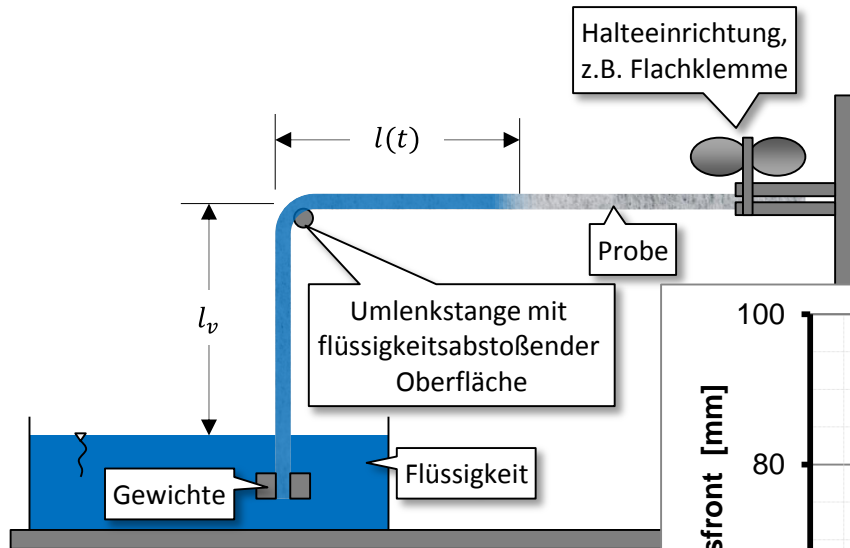
- Baumwoll-Airlaid mit 120 g/m<sup>2</sup>, wasserstrahlverfestigt
- Alle Proben in Maschinenrichtung



# Validierung: Vertikaler Einzug von Sonnenblumenöl in die Probe



# Validierung: waagerechter Einzug von Sonnenblumenöl in die Probe



# Validierung: Vergleich der Ergebnisse des waagerechten und des senkrechten Einzugs

Messreihe	Verbleibender Fehler [%]	$h_{max}$ [mm]	$c$ [mm <sup>2</sup> /s]	$l_u$ [mm]
<div style="border: 2px solid orange; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;">                     Waagerechter Flüssigkeitseinzug                 </div>	#5	1,28	120,9	1,277 < 10 <sup>-3</sup>
	#6	0,98	120,5	1,258 < 10 <sup>-3</sup>
	#7	0,96	117,4	1,092 < 10 <sup>-3</sup>
	#8	2,30	118,4	1,226 < 10 <sup>-3</sup>
	#9	1,65	116,5	1,081 < 10 <sup>-3</sup>
<b>Mittelwert</b>	<b>1,434</b>	<b>118,74</b>	<b>1,1868</b>	
Spanne	1,34	4,4	0,196	
95%-Konfidenzbereich obere Grenze	1,92	120,4	1,269	
des Mittelwerts untere Grenze	0,94	117,1	1,105	
Variationskoeffizient	39,00%	1,61%	7,87%	

- Vergleich mit den Mittelwerten von #1-#3 aus dem waagerechten Flüssigkeitseinzug:
  - $h_{max} = 119,8\text{mm}$  liegt innerhalb des Konfidenzintervalls ✓
  - $c = 1,162\text{mm}$  liegt innerhalb des Konfidenzintervalls ✓

## Fazit & Ausblick

- Das Zeitverhalten der Einzugsfront von Flüssigkeiten in textile Fasergebilde lässt sich mathematisch gut beschreiben.
- Es lassen sich viele praxisrelevante Größen aus den identifizierten Parametern errechnen und abschätzen:
  - Fließfrontposition(Zeitpunkt)
  - Kapillare Volumenströme
- Deutliche Verbesserung der Steighöhenmethode nach DIN 53924
  - Nach Vorversuchen: Aussagen zum waagerechten Flüssigkeitseinzug aus dem senkrechten Flüssigkeitseinzug möglich
- Besonders interessant für
  - Hygiene
  - Funktionsbekleidung, Sportartikel
  - Bettwäsche und Handtücher
- Lenzing Instruments entwickelt eine automatisierte Messeinrichtung zum Charakterisieren der Kapillarkinetik textiler Fasergebilde.
- Die DITF streben die Normierung der Methodik an.

# Wir freuen uns auf Ihre Fragen!

## DITF-MR Denkendorf

Tobias Maschler

[Tobias.Maschler@DITF-MR-Denkendorf.de](mailto:Tobias.Maschler@DITF-MR-Denkendorf.de)

Tel. 0711 9340-431

## ITV Denkendorf

PD Dr.-Ing. Thomas Stegmaier

[Thomas.Stegmaier@ITV-Denkendorf.de](mailto:Thomas.Stegmaier@ITV-Denkendorf.de)

Tel. 0711 9340-214

Das IGF-Vorhaben 18514 N «Entwicklung einer selbstlernenden Methode zur Charakterisierung und Prognose der kapillaren Steigkinetik von Fluiden in textilen Fasergebilden (Kapillare Steigkinetik)» der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Wir danken den Unternehmen im Projektbegleitenden Ausschuss für ihre wohlwollende und zuvorkommende Unterstützung des Vorhabens.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages