

# Application Report

## Benetzung von Textilien und Fasern

Application report: AR228d  
Industry section: Kosmetik, Textilien, Papier  
Author: Dr. J.U. Zilles  
Date: 05/2002



Method:



Single Fiber Force  
Tensiometer – K14

Force Tensiometer – K100

Keywords:

hair, hairspray, surfactant, carbon fiber, aramid fiber, fiber reinforced composite, nonwoven, paper

## Charakterisierung der Benetzbarkeit und Oberflächeneigenschaften von textilen Gebilden und Fasern

### Abstract

Der Bereich der wovens/non-wovens erlebt zur Zeit durch die unterschiedlichsten Möglichkeiten der Oberflächenmodifikationen – und den damit gegebenen weiten Anwendungsmöglichkeiten – eine hohe Nachfrage und verlangt somit nach Möglichkeiten zur Produkt- und Prozessoptimierung sowie zur Qualitätssicherung. Benetzbarkeit und Adhäsion sowie wasser- oder schmutzabweisende Eigenschaften werden von oberflächenenergetischen Größen bestimmt. Diese spielen bei Fragestellungen der Hydrophilie/Hydrophobie und Verklebungsstärke der Verbundwerkstoffe die Schlüsselrolle. Die freie Oberflächenenergie der obersten Monolagen in textilen Gebilden (woven/non-woven) oder an einzelnen Fasern kann mittels verschiedener Kontaktwinkelmethoden bestimmt werden. Die Wahl der Methode hängt sowohl von der zu beantwortenden, applikationsspezifischen Fragestellung als auch von der zu untersuchenden Probe selbst ab.



Abb. 1: Das K100 – Multitalent zur Charakterisierung von Fasern, Faserbündeln und textilen Gebilden

## Benetzung und freie Oberflächenenergie von Einzelfasern

Die Bestimmung des Be- und Entnetzungsverhaltens einzelner Fasern ist immer dann anzuraten, wenn das Monofilament auch als solches verarbeitet wird, im Prozess vorliegt und als geschlossene Festkörperoberfläche betrachtet werden kann. Mittels der Einzelfaser-Wilhelmy-Methode, einer Kraftmesstechnik, sind die Kontaktwinkel (fortschreitend und rückschreitend) zwischen der Faser und der flüssigen Formulierung (Schlichte, Avivage, Conditioner, Ausrüstungslösung, Klebstoff etc.) direkt messbar. Aus den Kontaktwinkeln zu definierten Flüssigkeiten unterschiedlicher Polarität kann dann die freie Oberflächenenergie (SFE) der Fasern berechnet werden. Die SFE wird sowohl zur Beurteilung des Erfolges und zur der Einstellung der Parameter bei Plasma- oder Koronabehandlungen sowie der Schlichtung benutzt, als auch zur Optimierung der Adhäsion zwischen Faser und Matrix.

*Beispiel 1:* Beurteilung des Netzvermögens verschiedener Haarsprayformulierungen an einzelnen, unbehandelten Haaren, Einzelfasertensiometer K14 [J.L.Gormley, G.T.Martino; J.G.L.Plyter, Q.K.Tong, National Starch and Chemical Company, reprint from Cosmetics and Toiletries Manufacture Worldwide]

Haarspray-formulierung (15% Feststoffgehalt)	Oberflächensp. [mN/m]	Kontaktwinkel [°]
Balance™ 0/55 in demin. Wasser	36.57	87.1
Balance™ 0/55 0.2%DOSS in demin. Wasser	35.29	69.6
Amphomer® in anhy. Alkohol	23.05	0

Hier wurde durch Kontaktwinkelmessung an einzelnen Haaren untersucht, wie sich das schlechte Netzverhalten eines unadditivierten, wässrigen Haarsprays durch Zusatz von Dioctylsulfosuccinat (DOSS) verbessern und sich mit dem exzellenten Verhalten eines alkoholischen Haarsprays vergleichen lässt.

*Beispiel 2:* Bestimmung der SFE aus Kontaktwinkeln an Einzelfasern [W.Asche, Ermittlung der Oberflächenspannung fadenförmiger Festkörper nach Wilhelmy; Seifen – Öle – Fette – Wachse, 112 (15) 1986 543-545]

Kontaktwinkel mit	Carbonfaser Thornel 300®	Aramidfaser Kevlar®	Carbonfaser Hercules®
Wasser	66.0°	64.2°	44.1°
Glycerin	55.1°	52.3°	40.0°
Formamid	-	-	24.9°
Ethylenglycol	31.2°	28.2°	-
SFE nach OWRK [mN/m]*	40.4	42.1	54.0
dispersiver Anteil nach OWRK [mN/m]*	25.5	26.4	22.3
Polarer Anteil nach OWRK [mN/m]*	14.9	15.7	31.7

\* eigene Berechnungen auf Basis der Literaturdaten der Kontaktwinkel

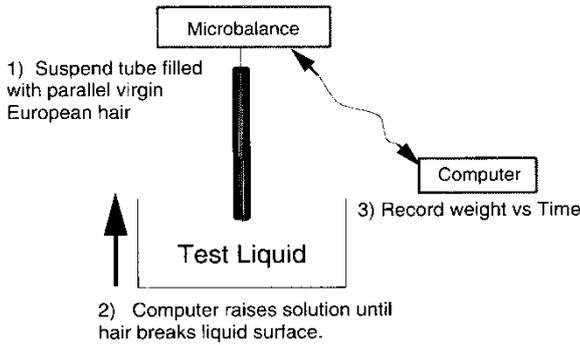
Diese Daten zeigen deutlich, dass obwohl die Carbonfaser Thornel 300® und die Aramidfaser Kevlar® völlig unterschiedliche Bulkchemie besitzen, sie bezüglich der Oberflächeneigenschaften viel ähnlicher sind als die Carbonfaser Thornel 300® und die Carbonfaser Hercules®. Die Werte der Oberflächenspannungen werden zur Abschätzung des Benetzens und der Kompatibilität mit Matrices herangezogen und dienen so der Optimierung der Verbundwerkstoffe.

## Benetzung und freie Oberflächenenergie von Faserbündeln

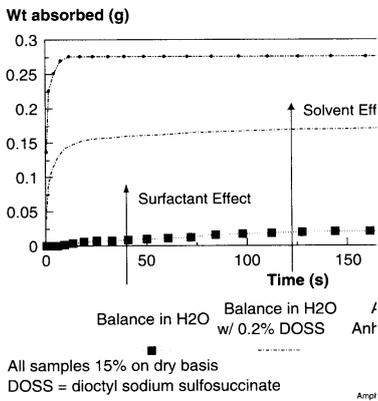
Die sogenannte Wicking-Technik bestimmt mittels der Washburn-Adsorptionsmethode das Benetzungsverhalten und den Flüssigkeitsfluss in Faserbündeln. Der Vorteil gegenüber einem Monofilament liegt in der größeren repräsentativen Aussagekraft (bessere Statistik) und in der Möglichkeit, auch in sich poröse Fasern, wie z.B. Baumwolle, vermessen zu können.

*Beispiel 3:* Experimenteller Aufbau zum Wicking-Versuch und Ergebnisse der Adsorptionsmessung an unbehandeltem Haar mit versch. Haarsprayformulierungen, Einzelfasertensiometer K14 [J.L.Gormley, G.T.Martino; J.G.L.Plyter, Q.K.Tong, National Starch and Chemical company, reprint from Cosmetics and Toiletries Manufacture Worldwide]

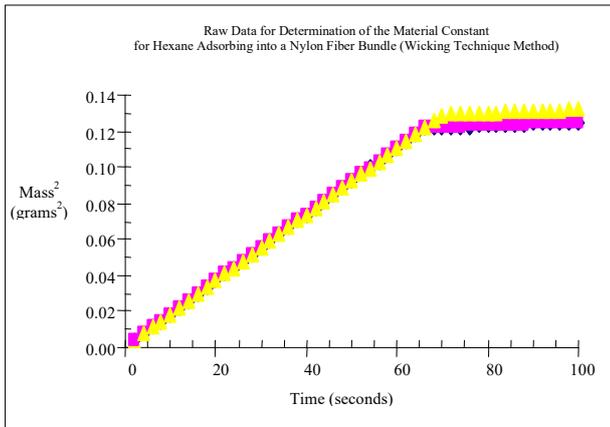
## Automated wicking test



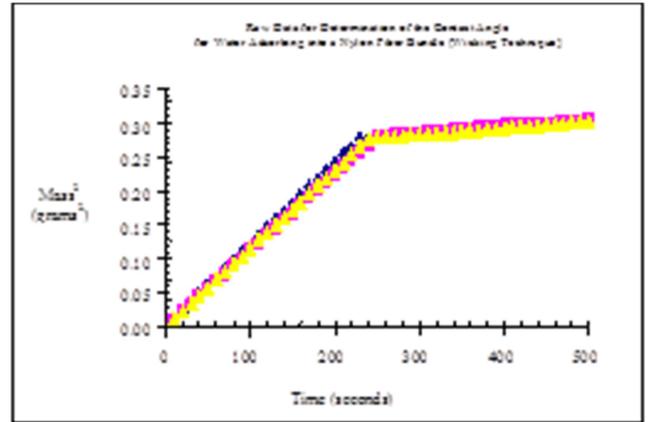
## Automated wicking



Wie auch schon Beispiel 1, zeigen Wicking-Experimente an Haarbündeln den Einfluss des Netzadditivs DOSS auf das Benetzen. Hier wird jedoch durch die Verwendung der Haarbündel die kapillare Weiterleitung der Flüssigkeit zwischen den Haaren und nicht am Haar-Monofilament betrachtet. Dies kommt der tatsächlichen Anwendung des Haarsprays näher, da es verbrückend/vernetzend zwischen Haaren wirken soll.



**Beispiel 4:** Benetzungsverhalten von Nylon 6.6-Fasern mit Wasser. Vergleich der Einzelfasermessung zur Wicking-Technik, Force Tensiometer – K100 [CR, Contact Angle Determinations by the "Straw" Method and Packed Cell Method: Good Alternatives to Single Fibre Contact Angle Experiments, Krüss Application Note #206]



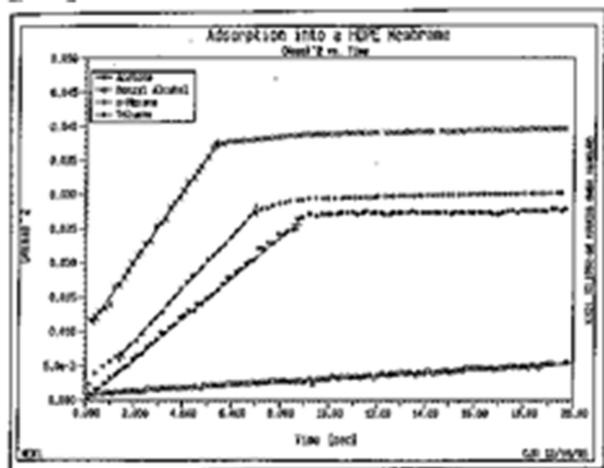
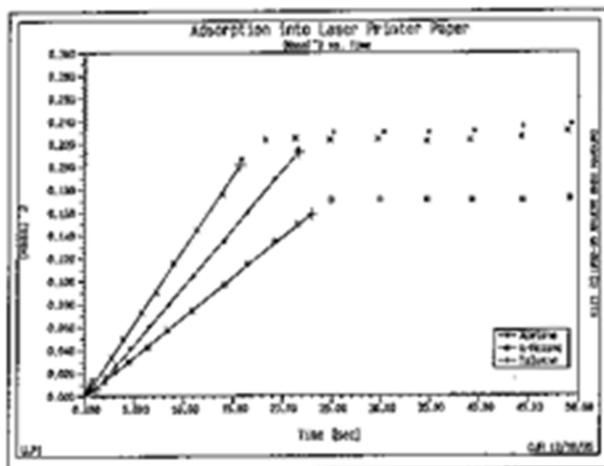
Probe	Kontaktwinkel Einzelfaser Wilhelmy Technik [°]	Kontaktwinkel Wicking Technik [°]
Nylon 6.6	76.6+/-4.1	77.9+/-0.5

Der Vergleich zwischen Wicking-Technik und Einzelfaser-Wilhelmy-Technik zeigt, dass beide Methoden äquivalente Ergebnisse liefern, die allgemeingültigere Aussage erhält man jedoch mit der Wicking Technik. Beide Techniken sind mit den Tensiometern K100 oder K14 in denselben Geräten vereint und ergänzen sich optimal.

## Benetzung von Textilien im Sinne poröser Feststoffe (woven/non-woven)

Vliese und Textilien können in den meisten Fällen nicht als glatte, unporöse Festkörperoberfläche betrachtet werden – besonders dann nicht, wenn sie zudem hydrophil (bzw. hochenergetisch/polar) und damit sorptiv sind. Die sogenannte Washburn-Adsorptionsmethode (siehe oben) liefert sowohl den Kontaktwinkel im Inneren der Poren als auch als Nebenprodukt die mittlere Porosität des textilen Festkörpers. Mit optischen Methoden könne hingegen Geometrie (Kapillarität) und Energie (Kontaktwinkel) nur als Summenterm bestimmt werden. Beide Feststoffcharakteristika (speziell SFE und Porosität) bestimmen neben den Flüssigkeitsparametern Oberflächenspannung, Viskosität und Dichte jedoch das Aufnahme- und Weiterleitverhalten von textilen Gebilden in Kontakt mit Flüssigkeiten gleichermaßen und nur die Trennung von geometrischen und energetischen Daten erlaubt die gezielte Optimierung von Produkten. Anwendungen sind z.B. die Beurteilung des Benetzungsverhaltens von Polyester- oder Glasgeweben mit Harzen, das Aufsaugverhalten von Papieren oder Vliesen mit Körper(ersatz)flüssigkeiten für Hygieneartikel und die Benetzungseigenschaften von Membranen oder Vliesen als Träger- oder Verstärkungsmaterialien.

Beispiel 5: Benetzungseigenschaften von Polyestergerewebe, Laser Printer Papier und HDPE Membran Support, Force Tensiometer – K100 [CR, Wettability Studies for Porous Solids Including Powders and Fibrous Materials, KRÜSS Technical Note #302]



Flüssigkeit	Kontaktwinkel an Laser Printer Papier [°]	Kontaktwinkel an HDPE Membran Support [°]	Kontaktwinkel an Polyester Gewebe [°]
n-Hexan*	$c=2.803 \times 10^{-4} \text{ cm}^5$	$c=1.537 \times 10^{-6} \text{ cm}^5$	$2.010 \times 10^{-4} \text{ cm}^5$
Aceton	0	45.5	-
Toluol	0	57.8	20.2
Benzyl Alkohol	24.5	78.1	-
Ethylen Glycol	45.2	-	-
Wasser	80.1	-	-

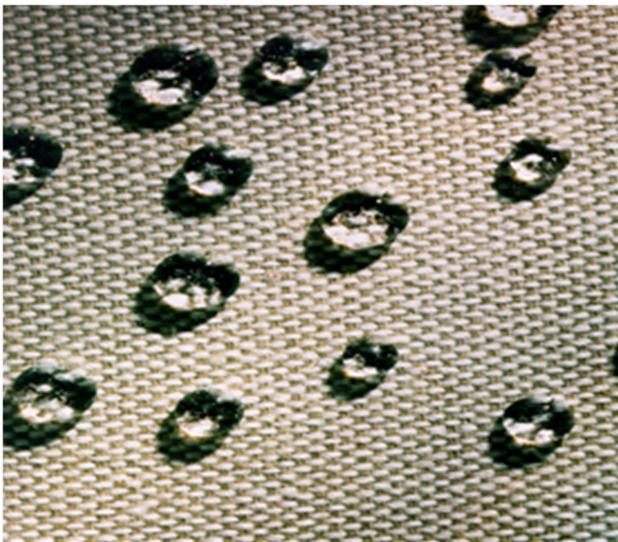
Oberflächenenergie nach OWRK	36.6 mN/m	18.1 mN/m	-
Dispersiver Anteil nach OWRK	29.9 mN/m	18.1 mN/m	-
Polarer Anteil nach OWRK	6.7 mN/m	0.0 mN/m	-

Die Washburn-Methode liefert somit die mittlere Kapillarität des Materials [c], als auch den Kontaktwinkel in den Poren. Diese Daten können je nach Anwendung des Materials zur Beurteilung des Benetzens der porösen Materialien mit beliebigen Flüssigkeiten, als auch zur Vorhersage der Kompatibilität (Haftung, Adhäsion) mit weiteren Phasen herangezogen werden.

### Benetzung von Textilien mittels optischer Methoden

Die optische Goniometermethode – heutzutage in ihrer Anwendung durch den Einsatz digitaler Technik nicht mehr von den Fähigkeiten des jeweiligen Benutzers abhängig – und die dynamische Wilhelmy-Methode geben eine anschauliche Beschreibung des Benetzungsverhaltens von Textilien an der Oberfläche. Ist nicht die isotrope Weiterleitung der Flüssigkeit im Gewebe, sondern die Aufnahme durch die Fläche oder – wie bei Deskjetpapieren das Auftreffen von Tropfen auf die poröse oder quellfähige Oberfläche im Zeitrahmen weniger Millisekunden von Interesse, ist der optischen gegenüber der Washburn-Methode der Vorzug zu geben. Sinkt der Flüssigkeitstropfen in das Textil ein, so sind Standzeit und/oder Tropfenvolumen bzw. Kontaktwinkel vs. Zeit ein Maß für die flüssigkeitsabweisende /-aufnehmende Wirkung der Fläche. Hiermit werden unter anderem Hydrophobausstattungen anschaulich und plakativ bewiesen.

Die Bestimmung der SFE mittels solcher Methoden gelingt allerdings nur dann sinnvoll, wenn die Messflüssigkeiten nicht in das Textil eindringen (so z.B. bei mit Membranen beschichteten oder extrem niederenergetischen Geweben). Es ist daher im Einzelfall zu entscheiden, welche Messtechnik für welches Textil die gewünschten Messwerte liefern kann.



*Beispiel 6:* Benetzung eines Gewebes vor und nach Hydrophobausstattung

## Zusammenfassung

Dieser Artikel soll verdeutlichen, dass dem Praktiker zur Charakterisierung und Optimierung von Grenzflächeneigenschaften und -prozessen eine Vielzahl an Mess- und Auswertemethoden zur Verfügung stehen. Die Wahl der Methoden wird weitestgehend von dem betrachteten Prozess, der Anwendung in der Praxis und den Substraten bestimmt. Bei sorgsamer Wahl der Messmethode und der Messparameter erlauben diese mit einfachen Mitteln zuverlässige und direkt in die Praxis übertragbare Aussagen zu treffen, Optimierungen durchzuführen und Prozesse zu beschreiben.

Auf unserer Webseite finden Sie viele weitere interessante Applikationsberichte und Technical Notes unter

<https://www.kruss-scientific.com/de/service/schulung-theorie/literatur/applikationsberichte/>