

Applikationsbericht 22

Dynamische Kontaktwinkelmessungen auf gekrümmten Oberflächen mit der Bridge-Funktion

Fragestellung

Das Be- und Entnetzungsverhalten von Flüssigkeiten auf Oberflächen ist über Fortschreit- und Rückzugswinkel einfach zu bestimmen, solange es sich um zuvor unbenetzte Oberflächen handelt. Eine solche Messung ist allerdings nicht ganz unproblematisch, wenn die Oberfläche bereits vorbenetzt, bzw. in der Realität in Flüssigkeit gelagert ist (zum Beispiel Kontaktlinsen). Zu diesem Zweck wurde die so genannte Bridge-Funktion entwickelt, mit deren Hilfe sich das Be- und Entnetzungsverhalten dieser Oberflächen untersuchen lässt. Sie ist Bestandteil der DataPhysics SCA 23 Software und kann in Kombination mit einem Kontaktwinkelmessgerät der OCA-Baureihe genutzt werden.

Methode

Die zu untersuchende gekrümmte Kunststoffoberfläche befindet sich in einer mit Wasser gefüllten Glasküvette GC 10. Für Messungen mit der Bridge-Methode wird nun eine Gasblase erzeugt, die mit Hilfe einer Dosierspitze an der Kunststofffläche gehalten wird. Sobald die Gasblase mit der Oberfläche in Kontakt kommt, beginnt sie diese zu entnetzen und eine inverse Flüssigkeitsbrücke bildet sich aus.

Für die Messung von Fortschreite- und Rückzugswinkeln wird nun eine automatisierte dynamische Kontaktwinkelmessung gestartet, dabei wird das Volumen der Gasblase zunächst erhöht und anschließend wieder gesenkt. Die größer werdende Gasblase entnetzt somit die Oberfläche, während sie beim Rückzug des Gases wieder von der Flüssigkeit benetzt wird. Das Verfahren wird mit Hilfe der Videofunktion des OCA Gerätes aufgezeichnet und kann später ausgewertet werden.

Zu Beginn der Auswertung wird einmalig die Basislinie entlang der Oberfläche definiert. Das manuelle Anpassen der Basislinie hat den Vorteil, dass es eine Untersuchung nahezu jedes Oberflächenprofils ermöglicht. Zur Bestimmung der Kontaktwinkel wird eine „Region of Interest“ (ROI) gewählt, innerhalb derer sich die Kontaktstellen der Gasblase mit der Oberfläche befinden. Die Software ermittelt daraufhin automatisch den Konturverlauf der Gasblase und bestimmt so die Kontaktwinkel der Flüssigkeit mit der Oberfläche in Abhängigkeit des Tropfenvolumens. Die ermittelten Messwerte werden vollautomatisch bestimmt und in das Ergebnisfenster übernommen.

Der Fortschreite- und Rückzugswinkel können somit bestimmt werden geben Aufschluss über das Be- und Entnetzungsverhalten der Oberfläche.

Ergebnisse

Für diesen Bericht wurde eine Luftblase auf die innere Oberfläche einer Pipettenspitze gedrückt, was das Funktionsprinzip der Pipettennutzung simuliert. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen beispielhaft die sich ausbreitende (Abb.: 1) bzw. die sich zurückziehende Luftblase (Abb.: 2) im Kontakt mit der Oberfläche.

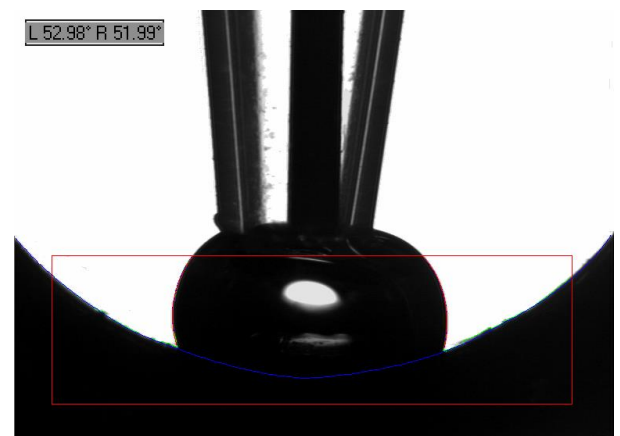


Abbildung 1: Die wachsende Luftblase entnetzt die Innenseite der gekrümmten Kunststoffoberfläche, dargestellt inkl. der ROI und der Kontaktwinkelanalyse

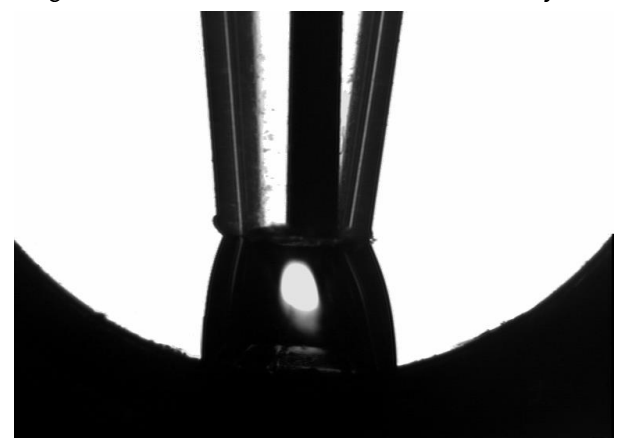


Abbildung 2: Die schrumpfende Luftblase sorgt für eine erneute Benetzung der Oberfläche

Durch die sich ausdehnende und wieder zusammenziehende Luftblase ergibt sich der in Abbildung 3 dargestellte Verlauf des gemittelten Kontaktwinkels zwischen Flüssigkeit und Oberfläche. Beeinflusst durch eine leicht inhomogene Oberfläche ändert sich der Kontaktwinkel teilweise sprunghaft, was insbesondere zu Beginn und Ende der Messreihe zu schwankenden Werten führt, da Luftblase und Oberfläche hier nur eine kleine Kontaktfläche besitzen.

Betrachtet man den Kontaktwinkel (Abb.: 3) in Abhängigkeit des Basisliniendurchmessers der Luftblase mit der Oberfläche (zu sehen in Abb.: 4) ist gut zu erkennen, wie sich die Luftblase zu Beginn der Messung ausbreitet, bis sich ein konstanter Winkel von ungefähr $55\text{--}57^\circ$ einstellt und sich die Kontaktfläche zwischen Luftblase und Oberfläche nur noch langsam vergrößert. Dieser Winkel stellt den Rückzugswinkel der Flüssigkeit dar, der hauptsächlich von den hydrophilen Flächenanteilen der Oberfläche beeinflusst wird, da diese die bereits benetzte Flüssigkeit weiter an sich zu binden versuchen.

Ab Messpunkt 150 endet die Ausdehnung der Gasblase und das Volumen der Luftblase wird wieder verringert, woraufhin sich die Blase verkleinert und die Flüssigkeit beginnt die Oberfläche erneut zu benetzen. Es ist zu erkennen, wie sich die Kontaktfläche der Blase mit der Oberfläche anfangs kaum verändert, während der Kontaktwinkel durch das verringerte Blasenvolumen ansteigt. Dieser Effekt beruht hauptsächlich auf den hydrophoben Oberflächenanteilen, welche eine abermalige Benetzung der Oberfläche zu verhindern versuchen. Im weiteren Verlauf kann sich der Kontakt der Blase nicht mehr halten und die erneute Benetzung der Oberfläche beginnt. An diesem Punkt lässt sich der Fortschrittswinkel der Flüssigkeit ohne Überlagerungseinflüsse durch den Volumenverlust der Luftblase erkennen.

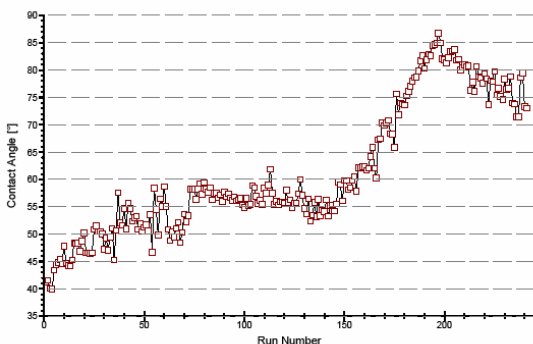


Abbildung 3: Verlauf des gemittelten Kontaktwinkels beim Be- und Entnetzen der Oberfläche

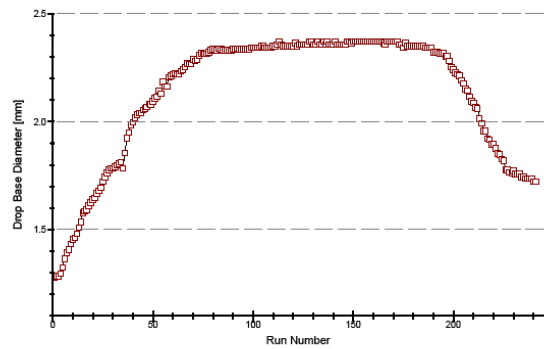


Abbildung 4: Ausdehnung der Kontaktfläche zwischen Luftblase und Oberfläche

Während der Kontaktwinkel im Folgenden wieder leicht absinkt, verringert sich auf Grund des Volumenverlustes der Luftblase die Kontaktfläche zwischen Blase und Oberfläche, wie in Abbildung 4 deutlich zu erkennen ist.

Zusammenfassung

Mit Hilfe eines Kontaktwinkelmessgerätes der DataPhysics OCA-Serie konnte das Ausdehnen einer Luftblase auf der Innenseite einer Pipettenspitze beobachtet werden. Unter Verwendung des Auswertalgorithmus der Bridge-Funktion lassen sich die Einzelbilder des aufgezeichneten Videos analysieren. Die Fortschreite- und Rückzugskontaktwinkel der Flüssigkeit auf der Oberfläche konnten mit dieser Methode bestimmt werden.

Die Bridge-Funktion ist eine neuartige Methode, die die Betrachtung des Be- und Entnetzungsverhaltens von vorbenetzten Oberflächen möglich macht. Im speziellen richtet sich diese Funktion an Anwendungen, die sich mit quellenden oder in Flüssigkeit gelagerten, bzw. in Flüssigkeit verwendeten Oberflächen beschäftigen.