

Applikationsbericht 17

Berechnung einer neuen Referenzflüssigkeit durch Messung an einer bekannten Festkörperoberfläche

Fragestellung

Aus dem Kontaktwinkel einer Flüssigkeit gegenüber einer rein dispersen Festkörperoberfläche sollen die unbekanntes polaren bzw. dispersen Anteile ermittelt werden.

Methode

Die folgenden Arbeitsschritte zeigen die Gleichungen und Bedingungen, die notwendig sind, um an einer bekannten Festkörperoberfläche die Oberflächenspannung und ihre polaren bzw. dispersen Anteile einer Referenzflüssigkeit zu bestimmen

1. Notwendig ist dazu ein bekannter Festkörper mit einer rein dispersen freien Oberflächenenergie, daraus resultiert:

$$\sigma_s = \sigma_s^d \quad (1)$$

2. Die Oberflächenspannung der Flüssigkeit kann mit einem hängenden Tropfen oder aber mit Kontaktwinkeln bestimmt werden. Die dispersen und polaren Anteile bleiben aber weiterhin unbekannt. Die Oberflächenenergie wird nach Owens-Wendt in polare und disperse Anteile aufgeteilt:

$$\sigma_L = \sigma_L^d + \sigma_L^p \quad (2)$$

3. Die Berechnung des dispersen Anteils der Oberflächenenergie aus dem gemessenen Kontaktwinkel gegenüber der Referenzfestkörperoberfläche wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_L^d = \frac{\sigma_L^2 (1 + \cos \Theta)^2}{4 \sigma_s^d} \quad (3)$$

4. Der polare Anteil der neuen Referenzflüssigkeit berechnet sich als Differenz zur Gesamtoberflächenspannung

$$\sigma_L^p = \sigma_L - \sigma_L^d \quad (4)$$

5. Die Referenzfestkörperoberfläche besitzt eine freie Oberflächenenergie mit einer Standardabweichung, die wie folgt berechnet wird:

$$\sigma_s = \sigma_s^d \pm \Delta \sigma_s^d \quad (5)$$

Die Standardabweichung des polaren Anteils läßt sich folgendermaßen ermitteln:

$$\Delta \sigma_L^p = \sqrt{(\Delta \sigma_L)^2 - (\Delta \sigma_L^d)^2} \quad (6)$$

aus (5) und (6) in (4) ergibt sich:

$$\sigma_L^p \pm \sqrt{(\Delta \sigma_L)^2 + (\Delta \sigma_L^d)^2} = (\sigma_L \pm \Delta \sigma_L) - (\sigma_L^d \pm \Delta \sigma_L^d) \quad (7)$$

Die Standardabweichung des dispersen Anteils läßt sich aus der obigen Gleichung ableiten. Dazu muss man den Kontaktwinkel Θ in rad eingeben:

$$\Delta \sigma_L^d = \frac{1}{4} \frac{\sigma_L}{(\sigma_s^d)^2} \sqrt{(1 + \cos \Theta)^3 \left(\cos \Theta \left[4(\Delta \sigma_L)^2 (\sigma_s^d)^2 + \sigma_L^2 \left\{ (\Delta \sigma_s^d)^2 - 4(\Delta \Theta)^2 (\sigma_s^d)^2 \right\} \right] + \sigma_L^2 \left[4(\Delta \Theta)^2 (\sigma_s^d)^2 + (\Delta \sigma_s^d)^2 \right] + 4(\Delta \sigma_L)^2 (\sigma_s^d)^2 \right)} \quad (8)$$

Ergebnisse

Ein Beispiel aus der Literatur [1] wird mit einem Excel-Datenblatt errechnet. Die rein disperse Festkörperoberfläche besitzt eine Oberflächenenergie von $24,6 \pm 1,2$ mN/m. Die Oberflächenspannung der Flüssigkeit beträgt $44,8 \pm 0,4$ mN/m. Der Kontaktwinkel der Flüssigkeit betrug dabei $76,0 \pm 2,1^\circ$. Die Standardabweichungen der Messergebnisse wurden, wenn nicht in der Literatur angegeben, geschätzt.

Am Beispiel eines Excel-Datenblatts konnten die Oberflächenspannungen berechnet werden. Die Abb. 2 zeigt ein solches Datenblatt.

Als Ergebnis dieser Berechnung erhält man einen polaren Anteil der Oberflächenspannung von 13,34 mN/m und einen dispersen Anteil von 31,46 mN/m. Die Berechnung der Standardabweichung ergab in beiden Fällen ca. $\pm 2,4$ mN/m

Berechnung der polaren und dispersen Anteilen der Oberflächenspannung aus Kontaktwinkelmessungen gegen eine unpolare Festkörperoberfläche

		SFT in mN/m	\pm SFT in mN/m (SD)
Festkörper	disperser Anteil:	24,60	1,20
	polarer Anteil:	-	-
	Summe SFT:	24,60	1,20
Kontaktwinkel	CA in $^\circ$	76,00	2,10
	in rad	1,32645	0,0367
Testflüssigkeit	Summe SFT:	44,80	0,40
	disperser Anteil:	31,46	2,43
	polarer Anteil:	13,34	2,46

Abb. 2 Excel Datenblatt

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß mit Hilfe der Kontaktwinkelmessung einer Testflüssigkeit auf einer rein dispersen Festkörperoberfläche mit dem Excel Datenblatt die polaren und dispersen Anteile berechnet werden konnten. Zudem konnte die Standardabweichung der polaren und dispersen Anteile aus den Standardabweichungen der Daten berechnet werden.

Literatur

[1] Panzer, J. (1973): Components of Solid Surface Free Energy from Wetting Measurements; J. Colloid Interf. Sci.; Vol. 44; 142-161