

Produkt: SITA Tensiometer

Branche: Tensidchemie

Messprinzip: Messung der dynamischen Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit ist wie auch die Dichte oder die Masse eine Materialkonstante. Oberflächenaktive Substanzen wie Tenside (Netzmittel) setzen die Oberflächenspannung wässriger Lösungen herab, u.a. konzentrationsabhängig. Damit lassen sich durch Messen der Oberflächenspannung Tensidkonzentrationen bestimmen.

### ● Definition Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung ist die Arbeit  $dW$ , die pro Fläche  $dA$  geleistet werden muss, um die Oberfläche einer Flüssigkeit zu vergrößern:

$$\sigma = \frac{dW}{dA}, [\sigma] = \frac{J}{m^2} = \frac{N}{m}$$

Innerhalb einer Flüssigkeit heben sich Kohäsionskräfte zwischen den Molekülen gegenseitig auf, während an der Oberfläche die nach außen gerichteten Kräfte fehlen. Es entsteht eine resultierende Kraft  $F$  ins Flüssigkeitsinnere, die Ursache der Oberflächenspannung  $\sigma$  ist.

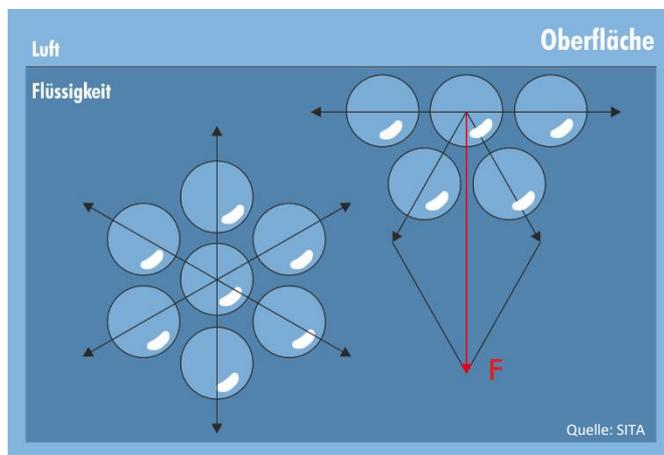


Abbildung 1: Wirkende Kräfte im Flüssigkeitsinneren und an der Oberfläche

Die Oberflächenspannung wird gemessen, indem über verschiedene Methoden die Oberfläche vergrößert wird.

### ● Statische Messmethoden

Bei statischen Messmethoden wie der Ring- oder Plattenmethode wird die Oberfläche beim Herausziehen des Ringes oder der Platte vergrößert, bis die Oberfläche abreißt. Die maximale Abreißkraft entspricht der Oberflächenspannung. Die Methoden werden als statisch bezeichnet, da keine Abhängigkeit der Methode von der

verstrichenen Zeit besteht. Statische Messmethoden sind damit zum Messen von reinen Flüssigkeiten und geringen Tensidkonzentrationen geeignet.

### ● Dynamische Messmethoden

Bei dynamischen Messmethoden wie der Blasendruckmethode expandiert die Grenzfläche stetig. Dadurch ist die gemessene **dynamische Oberflächenspannung** vom zeitlichen Anlagerungsvermögen der oberflächenaktiven Stoffe und von der Grenzflächenexpansion abhängig. Dynamische Messmethoden sind besonders für hohe Tensidkonzentrationen wie in Galvanik- und Reinigungsbädern geeignet. Die gezielte Einstellung des Oberflächenalters über die Messzeit ermöglicht die Messung über einen weiten Konzentrationsbereich.

Die zeitabhängige Veränderung der Oberflächenspannung spielt bei zahlreichen Benetzungs- und Reinigungsprozessen eine entscheidende Rolle. Deren Verlauf, Zustand und Resultat hängt wesentlich mit der Kinetik der eingesetzten Tenside zusammen.

Ein Quasi-Gleichgewicht wird erst bei sehr großen Oberflächenaltern und Tensidkonzentrationen oberhalb der kritischen Mizellbildungskonzentration CMC erreicht.

### ● Blasendruckmethode

Die Blasendruckmethode bestimmt den maximalen Innendruck einer Gasblase an der Spitze einer gasdurchstömten Kapillare in der zu messenden Flüssigkeit.



Abbildung 2: Eine kleine Luftblase an der Kapillarspitze dient als Grenzfläche zur Messung der dynamischen Oberflächenspannung.

## Die Blasendruckmethode zur Messung der dynamischen Oberflächenspannung

Produkt: SITA Tensiometer  
 Branche: Tensidchemie  
 Messprinzip: Messung der dynamischen Oberflächenspannung



Das Verfahren erlaubt aufgrund seiner Automatisierbarkeit die Messung von Oberflächenspannungen bei verschiedenen Oberflächenaltern der Flüssigkeits-Gas-Grenzflächen.

Bei der Blasendruckmethode verringert sich der Radius der gebildeten Blase kontinuierlich, bis der Blasenradius gleich dem Kapillarradius  $R_K$  ist und der Gasdruck sein Maximum  $p_{max}$  erreicht. Die Gasblase expandiert und reißt von der Kapillare ab. Nach dem Laplace'schen Gesetz korrelieren der Maximaldruck  $p_{max}$  und die Oberflächenspannung  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{R_K}{2} (p_{max} - p_{stat}) = \frac{R_K}{2} (p_{max} - \rho g h_E)$$

Der hydrostatische Druck  $p_{max}$  hängt demnach von der Eintauchtiefe  $h_E$  und der Flüssigkeitsdichte  $\rho$  ab.

### ● Differenzdruckmethode

SITA hat die klassische Blasendruckmethode zur Differenzdruckmethode weiterentwickelt, wodurch der hydrostatisch verursachte Einfluss  $p_{stat}$  eliminiert wird. Mit Auswertung des Druckminimums  $p_{min}$  ist die Messung der Oberflächenspannung weitgehend unabhängig von der Eintauchtiefe der Kapillare. Der Kapillarradius muss nicht bekannt sein, da die SITA-Tensiometer jederzeit mit Wasser kalibriert werden können. Während der Kalibrierung ermittelt das Tensiometer aus den gemessenen Drucksignalen und der bekannten Oberflächenspannung von Wasser, welchen Einfluss die Kapillare bzw. der Kapillarradius auf die Messung hat (Kalibrierfaktor K).

$$\sigma = K(p_{max} - p_{min})$$

Die eigentliche Blasenlebensdauer  $t_{life}$  wird auch als Oberflächenalter bezeichnet und entspricht der Zeit, in der sich oberflächenaktive Stoffe an die Grenzfläche anlagern können. Sie umfasst den Zeitbereich vom Beginn der Blasenbildung in der Kapillare (Zeitpunkt, an dem das Druckminimum  $p_{min}$  vorherrscht) bis zu dem Augenblick, in dem der Radius der Blase gleich dem Kapillarradius  $R_K$  ist.

Während der Messung wird die Blasenlebensdauer auf den gewählten Wert geregelt und selbst bei Änderung der Oberflächenspannung konstant gehalten, um zeitabhängige Änderungen der Flüssigkeitseigenschaften online erfassen und überwachen zu können.

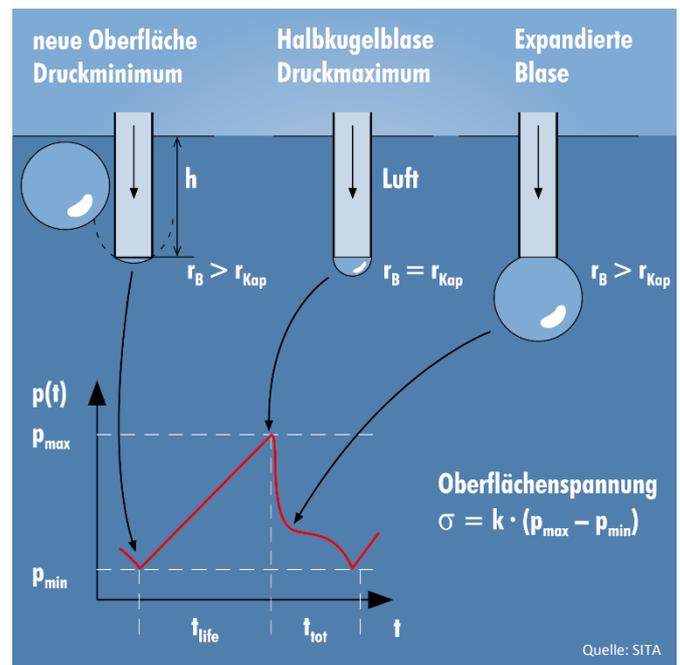


Abbildung 3: Druckverlauf beim Blasen aufbau