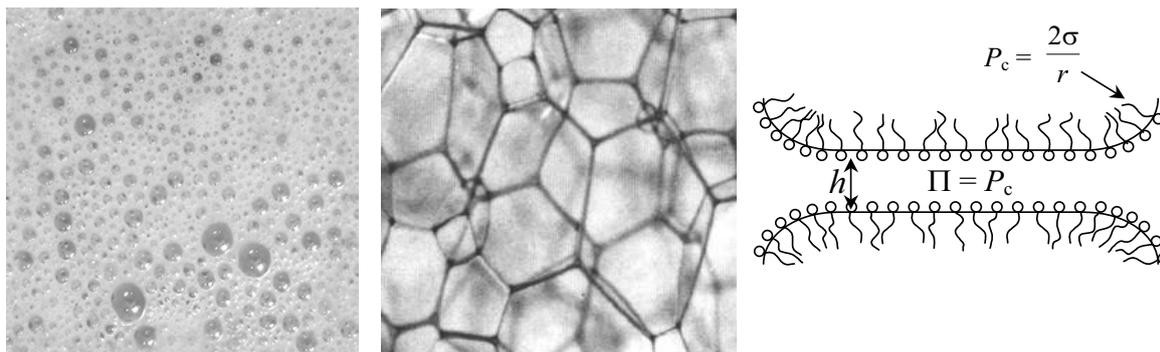


### 1. Einleitung

Flüssige Schäume spielen in unterschiedlichen Prozessen eine große Rolle [Text03, Weai99]. Man verwendet sie für die Feuerbekämpfung [http1], zur Trennung feinkörniger Feststoffgemenge (Flotation [http2]), im Bereich der Erdölgewinnung [Weai99], in verschiedenen Reinigungsprozessen usw. Auch das alltägliche Leben ist ohne Schäume unvorstellbar: „Ein Vollbad ohne Schaum ist nur das halbe Vergnügen und eine Haarwäsche ohne feine, sanfte Blasen - eine unangenehme Vorstellung. ... Eine Handseife, die nach drei Umdrehungen in der Hand keine Blasen wirft, ist ein Ladenhüter. Auch Lebensmitteltechnologien nehmen die Schaumbildung aufmerksam unter die Lupe. Beim Bierbrauen ist sie ein Anzeichen dafür, ob das Produkt anschließend auch gelingt. Hopfen und Malz dürfen im Sudhaus nur qualmen, jedoch nicht aufschäumen. Im Gärkeller müssen hingegen viele kleine, feste Blasen auf dem Jungbier schwimmen, ansonsten bildet sich kein Alkohol. Abschließend überprüfen Wissenschaftler sogar, ob der Schaum auf dem Bier nicht zu schnell zerfällt“ [http3]. Aus diesen wenigen Beispielen sieht man, dass die Stabilität von Schäumen von großer Bedeutung ist. Trotz weit verbreiteter Anwendung von flüssigen Schäumen ist jedoch nach wie vor zu wenig bekannt, um ihre Stabilität gezielt kontrollieren zu können.

Schäume sind Dispersionen von Gasblasen in einer Flüssigkeit. Beim Aufschäumen einer Tensidlösung bildet sich zuerst ein sogenannter Kugelschaum (Abb.1.1 links), in dem die kugelförmigen Gasblasen nicht miteinander wechselwirken, weil sie durch viel Flüssigkeit voneinander getrennt sind. Durch Drainage wird der Anteil der Gasphase immer größer, die Struktur des Schaums ändert sich: aus den kugelförmigen Gasblasen werden Polyeder, die durch dünne Flüssigkeitsfilme (Schaumfilme) voneinander getrennt sind (Polyeder-Schaum [Weai99], Abb. 1.1 mitte). Diese Schaumfilme werden durch Tenside stabilisiert, die an der Wasser-Luft-Grenzfläche adsorbiert sind (Abb.1.1 rechts).

## 1. Einleitung



**Abb. 1.1.** Nasser Schaum oder Kugelschaum (links) [http4], trockener Schaum oder Polyeder-Schaum (mitte) [Stub01] und ein freistehender Flüssigkeitsfilm oder Schaumfilm (rechts) [Schl04].

Die Wechselwirkungen zwischen den Filmoberflächen sind für das Entstehen des Spaltdrucks  $\Pi$  im Film verantwortlich. Die Wechselwirkung (elektrostatistisch, *van der Waals* oder sterisch), die am meisten zu dem Spaltdruck  $\Pi$  beiträgt, bestimmt den Typ und damit die Eigenschaften des stabilisierten Films: bei elektrostatisch stabilisierten Filmen spricht man von einem *common black film* (CBF), während sterisch stabilisierte Filme *Newton black film* (NBF) genannt werden (*van der Waals*-Wechselwirkungen sind attraktiv und destabilisieren deshalb den Film).

Dünne Flüssigkeitsfilme sind also die Bausteine von Schäumen weshalb sie die Eigenschaften von Schäumen beeinflussen und zu ihrer Stabilität beitragen. Aus diesem Grund scheint die Untersuchung von dünnen Flüssigkeitsfilmen viel versprechend zu sein, um mehr über die Stabilität von Schäumen zu erfahren [Pugh96, Exer98, Berg99]. Die mit reinen Tensiden stabilisierten Schaumfilme sind mittlerweile ausreichend erforscht. Es wurde entweder die Drainage des Films bei konstantem Druck untersucht (dabei beobachtet man die Änderungen der Filmdicke in Abhängigkeit der Zeit in der *Scheludko*-Zelle [Sche67]), oder die  $\Pi(h)$ -Kurven (Spaltdruck  $\Pi$  im Film als Funktion der Filmdicke  $h$ ) mit der *thin film pressure balance* Technik (TFPB) [Stub02, Clae96, Schl04] für verschiedene Systeme gemessen. In der Literatur kann man viele Arbeiten finden, in denen Filme untersucht wurden, die entweder mit nichtionischen [Stub02, Schl03a-b, Muru03, Muru04, Muru06, Berg96, Pers00] oder mit ionischen Tensiden [Blac92, Blac95, Exer01, Exer79, Exer03, Berg92, Berg97, Schu06, Misc05, Kola93, Espe98] stabilisiert wurden. Im Gegensatz zu reinen Systemen sind Arbeiten, die sich mit Tensidmischungen, d.h. mit technisch relevanten Systemen befassen, sehr selten. Die vier wichtigsten Typen von Tensiden, die weltweit in Reinigungsmitteln, Waschmitteln und Körperpflegeprodukten verwendet werden, sind: anionische Alkylsulfate

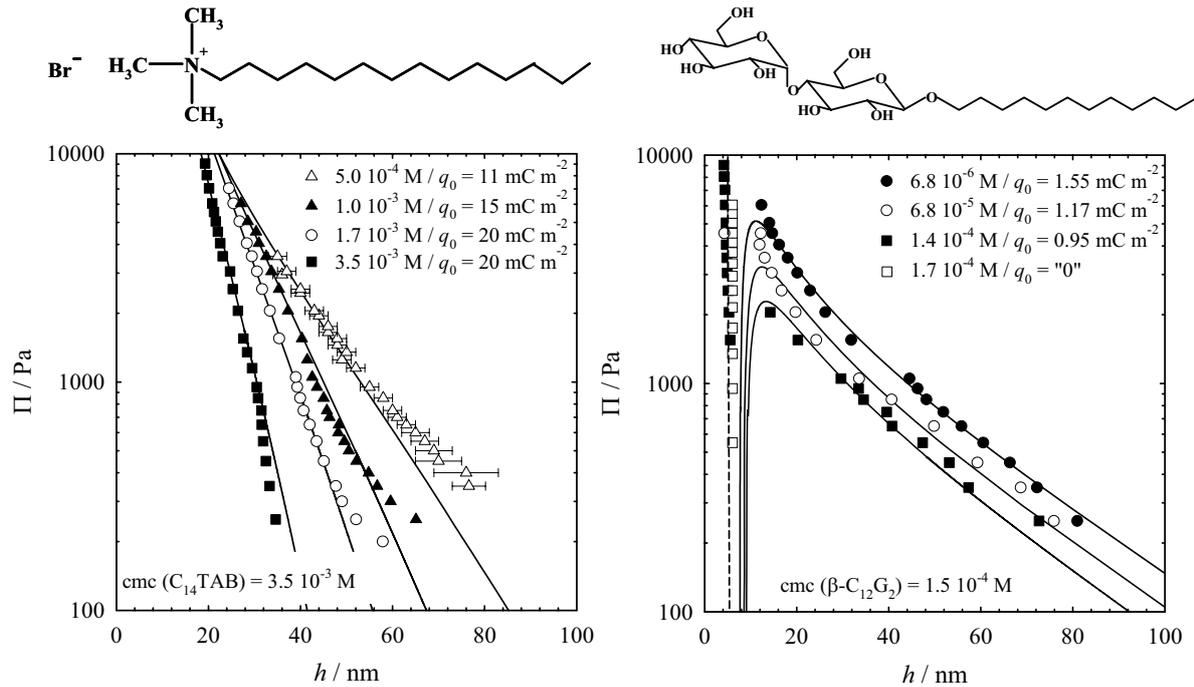
## 1. Einleitung

---

und Alkylethersulfate sowie nichtionische Alkylpolyethylenglykolether und Alkylpolyglukoside. Die Alkylpolyglukoside sind in den letzten Jahren wegen ihrer physikochemischen Eigenschaften (dermatologische Verträglichkeit und biologische Abbaubarkeit [Hill97], hohe Grenzflächenaktivität [Balz00] und Elektrolyttoleranz [Zhan96]) von besonderem Interesse sowohl vom rein wissenschaftlichen Gesichtspunkt aus gesehen als auch hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeiten. Außer den vier oben genannten Tensidtypen spielen auch kationische quaternäre Ammonium-Verbindungen eine wichtige Rolle, um die Eigenschaften von Produkten modifizieren zu können (Kapitel 5 und 6 in [Hill97]). Die typische Kettenlänge industriell verwendeter Tenside beträgt zwischen 12 und 16 C-Atome. Je nach Art der Anwendung ändert sich die Zusammensetzung von Tensiden erheblich. Zur Zeit gibt es nur wenige Arbeiten, in denen der Einfluss von Additiven und Verunreinigungen auf die Filmeigenschaften [Berg92, Berg97, Moni00, Pers00, Schl03b, Schl04] untersucht wurden. Auch Studien in denen Filme mit technischen Tensiden stabilisiert wurden sind rar [Blac95, Pers00]. Obwohl die ersten Publikationen gezeigt haben, dass oberflächenaktive Additive und Verunreinigungen einen starken Einfluss auf den Filmtyp und die Filmstabilität haben, stehen Untersuchungen an genau definierten Tensidmischungen noch aus. Diese Untersuchungen werden benötigt, um die Eigenschaften von Tensidmischungen sowie den Einfluss verschiedener Komponenten auf die Filmeigenschaften zu verstehen. Nur so wird es gelingen, technische Produkte und Prozesse zu optimieren, bei denen Schaumfilme und Schäume eine Rolle spielen.

Bei den Untersuchungen von Schaumfilmen, die mit reinen Tensiden stabilisiert wurden, wurde für ionische bzw. nichtionische Tenside ein unterschiedliches Verhalten beobachtet. Als Beispiel sind die  $\Pi(h)$ -Kurven für das kationische Tensid Tetradecyltrimethylammoniumbromid  $C_{14}TAB$  (links) [Schu06] und das nichtionische Tensid Dodecyl- $\beta$ -maltosid  $\beta$ - $C_{12}G_2$  (rechts) [Stub02, Schl03b] in Abb. 1.2 dargestellt.

# 1. Einleitung



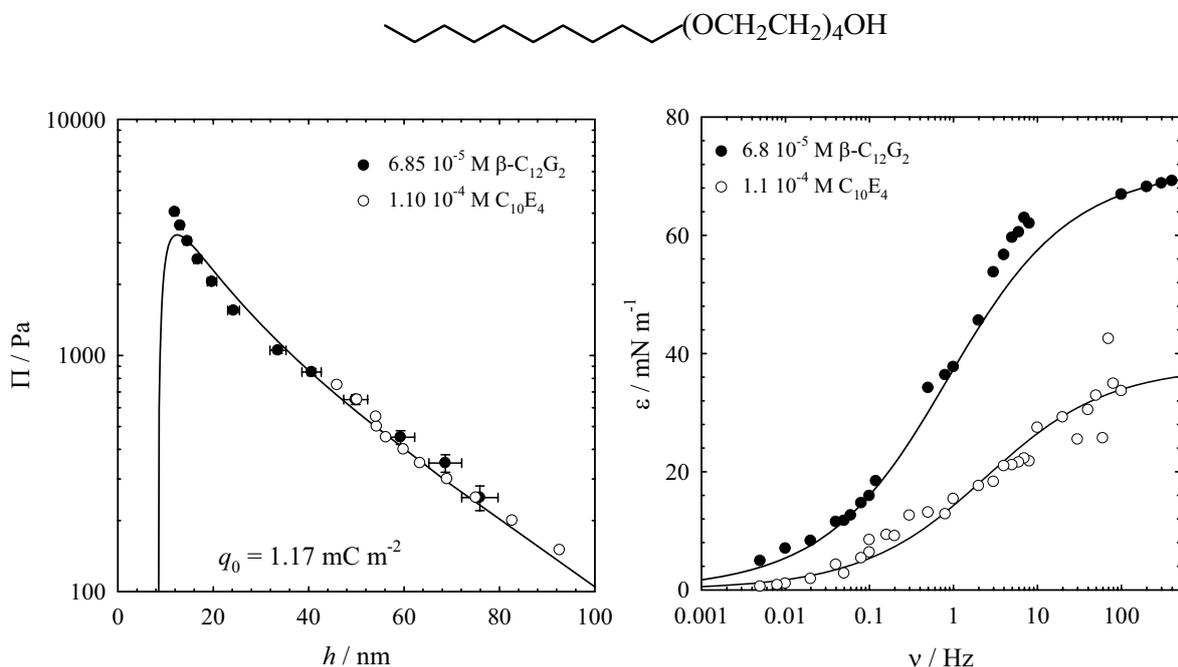
**Abb. 1.2.** Spaltdruckkurven für die reinen Tenside  $C_{14}TAB$  [Schu06] und  $\beta-C_{12}G_2$  [Stub02, Schl03b] bei verschiedenen Konzentrationen (unten) sowie die Struktur beider Tenside (oben). Die durchgezogenen Linien wurden mit der DLVO-Theorie bei konstanter Oberflächenladungsdichte berechnet.

Beim Vergleich der  $\Pi(h)$ -Kurven von  $C_{14}TAB$  und  $\beta-C_{12}G_2$  findet man drei wichtige Unterschiede. Erstens steigt die Ladungsdichte der Filmoberflächen  $q_0$  für das ionische Tensid bei Erhöhung der Tensidkonzentration, während sie für das nichtionische Tensid mit zunehmender Konzentration abnimmt. Dieser Unterschied ist mit dem unterschiedlichen Ursprung der Ladung der Filmoberflächen zu erklären. Die reine Wasser-Luft-Oberfläche ist durch OH-Ionen negativ geladen ([StKl03] und Literaturstellen darin). Die entsprechende Oberflächenladungsdichte ist niedrig und die Ladung pro Fläche  $a_{charge}$  beträgt etwa  $10^{-2}$  Ladungen pro  $nm^2$ . Es ist diese Ladungsdichte die für die gemessenen elektrostatischen Wechselwirkungen verantwortlich ist. Erhöht man nun die Tensidkonzentration, so nimmt die Oberflächenladungsdichte mit steigender Adsorption des nichtionischen (d.h. nichtgeladenen) Tensids ab. Im Gegensatz dazu stammt die Ladung im Falle ionischer Tenside vom Tensid selbst, weshalb es mit zunehmender Tensidkonzentration zu einer Zunahme der Ladungsdichte kommt. Der unterschiedliche Ursprung der Oberflächenladung führt zu zwei anderen wichtigen Unterschieden zwischen Schaumfilmen, die mit  $C_{14}TAB$  bzw.  $\beta-C_{12}G_2$  stabilisiert sind, nämlich die Größe und das Vorzeichen der Oberflächenladung. Die typischen  $q_0$ -Werte eines mit einem ionischen Tensid stabilisierten CBF betragen  $10 - 40 mC m^{-2}$ . Das ist mehr als das Zehnfache der  $q_0$ -Werte eines mit einem nichtionischen Tensid stabilisierten

## 1. Einleitung

Films ( $0.5 - 2.5 \text{ mC m}^{-2}$ ). Außerdem ist das Vorzeichen der Ladung negativ für  $\beta\text{-C}_{12}\text{G}_2$  und positiv für  $\text{C}_{14}\text{TAB}$ .

Das unterschiedliche Verhalten ionischer und nichtionischer Tenside wirft die Frage auf, ob man mit den Mischungen eines kationischen und eines nichtionischen Tensids die Oberflächenladungsdichte  $q_0$  gezielt einstellen kann und auf diese Weise den Filmtyp ändern und somit die Filmeigenschaften beeinflussen kann. Die Möglichkeit, die Oberflächenladungsdichte  $q_0$  zu kontrollieren, könnte helfen, sowohl Film- als auch Schaumeigenschaften vorherzusagen, weil der Filmtyp auf die Stabilität des Schaums einen großen Einfluss hat [Schu06]. Aus diesem Grund ist die Untersuchung von Filmen, die mit einer Mischung aus einem ionischen und einem kationischen Tensid stabilisiert sind, von großer Bedeutung. Allerdings sind Messungen der entsprechenden Spaltdruckkurven nicht ausreichend, um über die Stabilität des Films eine eindeutige Aussage zu machen. Es wurde sowohl für ionische als auch für nichtionische Tenside experimentell gezeigt, dass gleiche Wechselwirkungen und gleiche Oberflächenladungsdichten  $q_0$  nicht automatisch eine gleiche Filmstabilität zur Folge haben [Berg97, Stub04, Sant07]. Ein Beispiel ist in Abb. 1.3 (links) dargestellt.

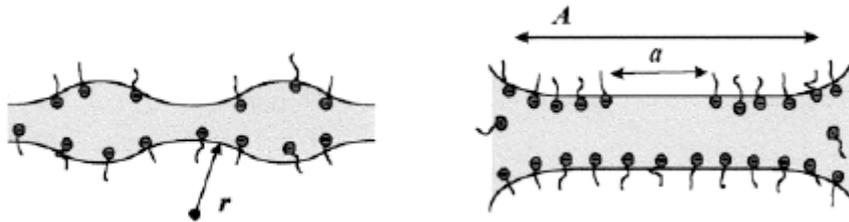


**Abb. 1.3. (oben)** Struktur des  $\text{C}_{10}\text{E}_4$ . **(unten links)** Spaltdruckkurven für zwei reine Tenside  $\text{C}_{10}\text{E}_4$  und  $\beta\text{-C}_{12}\text{G}_2$  [Schl03b]. Die durchgezogene Linie wurde mit der DLVO-Theorie bei konstanter Oberflächenladungsdichte  $q_0 = 1.17 \text{ mC m}^{-2}$  berechnet. **(unten rechts)** Die Oberflächenelastizität als Funktion der Frequenz für zwei reine Tenside  $\text{C}_{10}\text{E}_4$  und  $\beta\text{-C}_{12}\text{G}_2$  [Grig07, Sant07]. Die durchgezogenen Linien entsprechen dem *Lucassen - van den Tempel* Modell.

## 1. Einleitung

---

Während der mit dem Tetraethylglykol-Monodecylether ( $C_{10}E_4$ ) stabilisierte Film bei einem Druck von ca. 800 Pa reißt, ist der mit dem Zuckertensid  $\beta$ - $C_{12}G_2$  stabilisierte Film über den gesamten untersuchten Druckbereich (bis ca. 5000 Pa) stabil, obwohl die berechnete Oberflächenladungsdichte in beiden Fällen  $q_0 = 1.17 \text{ mC m}^{-2}$  beträgt. Das bedeutet, dass es außer den Kräften, die senkrecht zu den Filmoberflächen wirken und so den Film stabilisieren, weitere Faktoren geben muss, die zu der Stabilität des Films beitragen. In letzter Zeit wurde gezeigt, dass die Oberflächenviskoelastizität die Fähigkeit der Oberfläche widerspiegelt, äußere Störungen zu dämpfen und so einen Filmriss zu verhindern. Das bedeutet, dass die Oberflächen des mit  $C_{10}E_4$  stabilisierten Films (im Gegensatz zu  $\beta$ - $C_{12}G_2$ ) nicht viskoelastisch genug sind, um den Filmriss zu verhindern, der durch die Fluktuationen der Filmdicke und/oder der Oberflächenkonzentration des Tensids verursacht werden kann (Abb. 1.4 = Abb. 8 aus [Berg99]). Die für beide Tenside gemessene Oberflächenelastizität ist in Abb. 1.3 (rechts) als Funktion der Frequenz dargestellt. Wie man sieht, liegen die Oberflächenelastizitätswerte von  $C_{10}E_4$  im gesamten Frequenzbereich tatsächlich niedriger als die von  $\beta$ - $C_{12}G_2$ .



**Abb. 1.4.** Schematische Darstellung der Dickenvariationen in einem dünnen Schaumfilm (links) und der Konzentrationsvariationen an der Grenzfläche (rechts) [Berg99].

Die Oberflächenelastizität und Oberflächenviskosität kann man mit verschiedenen experimentellen Methoden bestimmen [Nosk99, Grig07, Stub04, Ligg05], mit denen jeweils nur ein begrenzter Frequenzbereich zugänglich ist (Tab.1.1). Um adäquate Schlussfolgerungen über die Oberflächenviskoelastizität ziehen zu können, braucht man experimentelle Daten in einem möglichst breiten Frequenzbereich (s. Kapitel 2.2). Der Vergleich der Oberflächenviskoelastizitäten verschiedener Systeme bei nur einer Frequenz kann zu falschen Schlussfolgerungen über die Systemeigenschaften führen (s. Kapitel 2.2).

## 1. Einleitung

---

**Tab. 1.1.** Experimentelle Methoden zur Bestimmung der Oberflächenviskoelastizität von Tensidmonoschichten und der jeweils zugängliche Frequenzbereich.

Methode	Frequenzbereich
<i>Capillary Waves</i>	10 – 500 Hz
<i>Longitudinal Waves</i>	0.1 – 15 Hz
<i>Oscillating Barrier</i>	0.001 – 0.1 Hz
<i>Drop/Bubble Shape Tensiometry</i>	0.001 – 0.1 Hz
<i>Capillary Pressure Tensiometry</i>	0.1 – 100 Hz

Mehrere experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Oberflächenviskoelastizität der Monolayer verschiedener Tenside sind in letzter Zeit publiziert worden [Ligg99, Ligg00, Voll00, Rave01, Fain03, Ligg05, Want05, Rave05, Koel05, Ande06, Monr98]. Man kann auch einige theoretische Arbeiten finden, in denen es um die Oberflächenviskoelastizität gemischter Tensidmonoschichten geht [Mill91, Akse06, Jian95]. Allerdings liegen noch keine experimentellen Daten für Tensidmischungen vor. Auch der Einfluss von Additiven auf die Oberflächenviskoelastizität ist noch nicht detailliert untersucht worden. In Hinblick auf Tensidmischungen sind nicht nur die oben diskutierten Mischungen ionischer und nichtionischer Tenside von Interesse. Es ist auch wichtig zu untersuchen, wie Mischungen zweier nichtionischer Tenside die Eigenschaften von Oberflächen beeinflussen. Hier sind es vor allem Mischungen von Alkylglykosiden ( $C_nG_m$ ) und Alkylpolyglykoethern ( $C_iE_j$ ), die von Interesse sind. Obwohl beide Tensidklassen nichtionisch sind, weisen sie sehr unterschiedliche Eigenschaften auf. Zum Beispiel sind die Eigenschaften wässriger Lösungen von Alkylpolyglykoethern sehr temperaturempfindlich, was für Zuckertenside nicht der Fall ist. Diese Temperaturunempfindlichkeit ist auf die Stärke der Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Wasser und der Zuckerkopfgruppe zurückzuführen, die eine merkliche Dehydratisierung der Kopfgruppen im experimentell relevanten Temperaturbereich verhindert. Im Gegensatz zu den starken Wasserstoffbrückenbindungen, wird das Hydrationswasser der Ethylenoxideinheiten nur durch schwache Dipol-Dipol-Wechselwirkungen an die Kopfgruppen gebunden, was zu einer leichten Dehydratisierung führt [Mite83, Stre96, Boyd00, Klug01]. Außerdem unterscheidet sich die Flexibilität der beiden Kopfgruppen. Die Zuckereinheiten kann man als ‚*hard disc*‘ betrachten, während die  $E_i$ -Gruppen eher bewegliche kurze Polymerketten sind [Pers03]. Auch bei der Stabilisierung von Schaumfilme gibt es Unterschiede: Die Oberflächenladungsdichte  $q_0$  des mit  $\beta$ - $C_{12}G_2$  stabilisierten Films ist bis zum so genannten isoelektrischen Punkt pH-unempfindlich,

## 1. Einleitung

---

während die Oberflächenladungsdichte eines mit  $C_{12}E_6$  stabilisierten Films mit der Erhöhung des pH-Werts linear steigt [Stub07]. Zu guter Letzt soll erwähnt werden, dass auch die Adsorption von  $\beta$ - $C_{12}G_2$  und  $C_{12}E_6$  auf festen Oberflächen unterschiedlich ist. Während  $C_{12}E_6$  sehr gut auf Silika- und nicht auf Titania-Oberflächen adsorbiert, ist die Adsorption des Zuckertensids sehr schwach auf Silika- und sehr stark auf Titania-Oberflächen [Mats04]. Aufgrund dieses sehr unterschiedlichen Verhaltens von Zucker- und Ethylenoxidtensiden kann man also erwarten, dass Mischungen dieser beiden Tenside sehr interessante Eigenschaften haben.

**Aufgabenstellung:** In der vorliegenden Arbeit soll das Verhalten wässriger Lösungen binärer Tensidmischungen untersucht werden. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf (a) der Adsorption von Tensidmischungen an der Wasser-Luft-Grenzfläche, (b) den rheologischen Eigenschaften gemischter Tensidmonoschichten, und (c) den Eigenschaften dünner Flüssigkeitsfilme, die mit Tensidmischungen stabilisiert werden. Diese Untersuchungen sollen einen Beitrag zum Verständnis der Stabilität dünner Flüssigkeitsfilme und Schäume leisten. Zu Beginn der Arbeit lagen Publikationen vor, in denen über die Korrelation zwischen den Eigenschaften einzelner Filme und makroskopischer Schäume einerseits sowie zwischen der Filmstabilität und den rheologischen Eigenschaften der adsorbierten Tensidmonoschichten (Oberflächenviskoelastizität) andererseits berichtet wurde. Es war also allgemein anerkannt, dass Untersuchungen von Schaumfilmen und Oberflächenviskoelastizitäten für das Verständnis der Schaumstabilität und anderer Schaumeigenschaften von großer Bedeutung sind. Wie oben beschrieben, lagen systematische Arbeiten an ein und demselben System zu Beginn der Arbeit jedoch nur für reine Tenside vor. In der vorliegenden Arbeit sollten nun zwei binäre Mischungen näher untersucht werden. Die erste Mischung besteht aus zwei nichtionischen Tensiden, nämlich Dodecyl- $\beta$ -maltosid  $\beta$ - $C_{12}G_2$  und Hexaethyleneglycol-Dodecylether  $C_{12}E_6$ . Die zweite Mischung besteht dagegen aus einem nichtionischen und einem kationischen Tensid, nämlich Dodecyl- $\beta$ -maltosid  $\beta$ - $C_{12}G_2$  und Dodecyltrimethylammoniumbromid  $C_{12}TAB$ .

### $\beta$ - $C_{12}G_2$ + $C_{12}E_6$ Mischung

Um die Adsorption der Mischungen an der Wasser-Luft-Grenzfläche zu untersuchen, soll die Oberflächenspannung als Funktion der Tensidkonzentration für verschiedene Mischungen gemessen werden. Aus diesen Daten ist die kritische Mizellbildungskonzentrationen (cmc) der untersuchten Mischungen sowie die Zusammensetzung der Tensidmonoschichten zu

## 1. Einleitung

---

bestimmen. Die kritischen Mizellbildungskonzentrationen werden als Referenzkonzentrationen für alle anderen Messungen verwendet.

Ein weiterer Punkt sind die rheologischen Eigenschaften der gemischten Tensidmonoschichten. Um diese zu untersuchen, sollen die Oberflächenviskoelastizitäten der reinen Tenside ( $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> und C<sub>12</sub>E<sub>6</sub>) sowie die von drei  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>E<sub>6</sub> Mischungen gemessen und miteinander verglichen werden. Wichtig ist hierbei, dass ein möglichst großer Frequenz- und Konzentrationsbereich untersucht wird, um allgemeine Schlussfolgerungen ziehen zu können. Der zu vermessende Frequenzbereich soll von 0.005 – 100 Hz reichen, weshalb Messungen mit dem *Profile Analysis Tensiometer* (PAT1) bei Frequenzen von  $\nu = 0.005 - 1$  Hz und mit dem *Capillary Pressure Tensiometer* (CPT) bei  $\nu = 1 - 100$  Hz durchgeführt werden sollen. Die Untersuchung zielt darauf ab, die Wirkung der einzelnen Komponenten auf die rheologischen Eigenschaften der gemischten Tensidmonoschichten verstehen zu können und zwei Messmethoden miteinander zu vergleichen.

Die Zusammensetzung und die rheologischen Eigenschaften der gemischten Tensidmonoschichten sollten eine solide Basis für weitere Untersuchungen sein. Zu Beginn dieser Arbeit lagen bereits experimentelle Daten über Schaumfilme vor, die mit reinem  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> und reinem C<sub>12</sub>E<sub>6</sub> stabilisiert wurden. Die Untersuchungen von Filmen, die mit  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>E<sub>6</sub> Mischungen stabilisiert sind, wurden Anfang 2006 am University College Dublin im Rahmen eines EU-Netzwerkes begonnen und dauern noch an. Die gemeinsame Analyse der rheologischen Eigenschaften der Tensidmonoschichten und der Filmmessungen wird es möglich machen, wichtige Schlussfolgerungen über die Stabilität der Filme zu ziehen.

### **$\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>TAB Mischung**

Wie für die  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>E<sub>6</sub> Mischungen sollen zuerst die cmc-Werte der  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>TAB Mischungen mit Hilfe von Oberflächenspannungsmessungen bestimmt und als Referenzkonzentrationen für alle weiteren Messungen verwendet werden. Weiteres Ziel ist auch hier, aus den Oberflächenspannungen die Zusammensetzung der Tensidmonoschichten zu bestimmen. Mit Hilfe dieser Information sollte eine Analyse und Diskussion der geplanten Filmmessungen leichter sein.

Wie bereits erwähnt, lagen zu Beginn der Arbeit systematische Untersuchungen über Schaumfilme vor, die mit reinem  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> stabilisiert wurden. Darüber hinaus lagen Ergebnisse von Filmen vor, die mit dem kationischen Tensid Tetradecyltrimethylammoniumbromid C<sub>14</sub>TAB stabilisiert wurden. Es gab auch einige wenige Arbeiten über den Einfluss von Additiven auf die Filmeigenschaften. Für genau definierte Mischungen lagen dagegen noch

## 1. Einleitung

---

keine Filmmessungen vor. In der vorliegenden Arbeit sollen deshalb Schaumfilme untersucht werden, die mit definierten Mischungen des nichtionischen Tensids  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> und des kationischen Tensids C<sub>12</sub>TAB stabilisiert werden. Das Ziel ist aufzuklären, ob man mit der  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>TAB Mischung die Oberflächenladungsdichte  $q_0$  und damit die Eigenschaften der Filme gezielt ändern kann.

Eine weitere Aufgabe im Hinblick auf die Filmstabilität ist die Untersuchung der rheologischen Eigenschaften der gemischten Tensidmonoschichten. Es sollen daher die Oberflächenviskoelastizitäten der  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> + C<sub>12</sub>TAB Mischungen gemessen werden. Ziel ist es, den Einfluss der Zugabe von C<sub>12</sub>TAB auf die Oberflächenviskoelastizität reiner  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> Lösungen zu untersuchen und die Ergebnisse mit den entsprechenden Filmmessungen zu vergleichen. In diesem Zusammenhang soll auch die Wirkung von Dodekanol auf die Oberflächenviskoelastizität reiner  $\beta$ -C<sub>12</sub>G<sub>2</sub> Lösungen untersucht und mit dem Einfluss dieses Additivs auf die Filmeigenschaften verglichen werden. Ein Vergleich zwischen der Zugabe von C<sub>12</sub>TAB einerseits und Dodekanol andererseits ist geplant.