

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort — V

### 1 Allgemeine Einführung — 1

Literatur — 4

### 2 Allgemeine Klassifizierung von Tensiden — 5

2.1 Anionische Tenside — 5

2.1.1 Carboxylate — 6

2.1.2 Sulfate — 6

2.1.3 Sulfonate — 8

2.1.4 Isethionate — 9

2.1.5 Tauride — 9

2.1.6 Phosphathaltige anionische Tenside — 9

2.2 Kationische Tenside — 10

2.3 Amphoteriche (zwitterionische) Tenside — 11

2.4 Nichtionische Tenside — 12

2.4.1 Alkoholethoxylate — 13

2.4.2 Alkylphenoletoxylate — 14

2.4.3 Fettsäureethoxylate — 14

2.4.4 Sorbitan-Ester und ihre ethoxylierten Derivate (Spans und Tweens) — 14

2.4.5 Ethoxylierte Fette und Öle — 16

2.4.6 Amin-Ethoxylate — 16

2.4.7 Amino-Oxide — 16

2.5 Spezielle Tenside — 17

2.5.1 Fluorkohlenwasserstoff- und Silikon-Tenside — 17

2.5.2 Gemini-Tenside — 18

2.5.3 Von Mono- und Polysacchariden abgeleitete Tenside — 19

2.5.4 Natürlich vorkommende Tenside — 20

2.5.5 Bio-Tenside — 23

2.5.6 Polymere Tenside — 27

Literatur — 30

### 3 Aggregation von Tensiden, Strukturen der Selbstorganisation, flüssigkristalline Phasen — 33

3.1 Thermodynamik der Mizellbildung — 39

3.1.1 Kinetische Aspekte — 40

3.1.2 Gleichgewichtsaspekte: Thermodynamik der Mizellbildung — 41

3.2 Enthalpie und Entropie der Mizellbildung — 44

3.3 Treibende Kraft für die Mizellenbildung — 45

## **VIII — Inhaltsverzeichnis**

<b>3.4</b>	<b>Mizellbildung in Tensidmischungen (Mischmizellen) — 47</b>
<b>3.5</b>	<b>Selbstorganisation von Tensiden — 50</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Struktur flüssigkristalliner Phasen — 51</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Hexagonale Phase — 52</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Kubische Phase — 52</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Lamellare Phase — 52</b>
<b>3.5.5</b>	<b>Zweigliedrige kubische Phasen — 53</b>
<b>3.5.6</b>	<b>Inverse Strukturen — 53</b>
<b>3.6</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen des Phasenverhaltens von Tensiden — 53</b>
	<b>Literatur — 55</b>
<b>4</b>	<b>Adsorption von Tensiden an Grenzflächen — 57</b>
<b>4.1</b>	<b>Einführung — 57</b>
<b>4.2</b>	<b>Adsorption von Tensiden an den Grenzflächen Luft/Flüssigkeit (A/L) und Flüssigkeit/Flüssigkeit (L/L) — 58</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Die Gibbsche Adsorptionsisotherme — 59</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Ansatz der Zustandsgleichung — 64</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Die Gleichungen von Langmuir, Szyszkowski und Frumkin — 65</b>
<b>4.3</b>	<b>Messungen der Grenzflächenspannung — 66</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Die Wilhelmy-Platten-Methode — 67</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Die Methode des hängenden Tropfens (Pendent-drop-Methode) — 67</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Die Du-Noüy-Ring-Methode — 68</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Die Methode des Tropfenvolumens (Gewichtsmethode) — 69</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Die Spinning-Drop-Methode — 69</b>
<b>4.4</b>	<b>Adsorption von Tensiden an der Fest/flüssig-Grenzfläche — 70</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Adsorption von ionischen Tensiden an hydrophoben Oberflächen — 72</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Adsorption von ionischen Tensiden an polaren Oberflächen — 76</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Adsorption von nichtionischen Tensiden — 77</b>
	<b>Literatur — 79</b>
<b>5</b>	<b>Tenside als Emulgatoren — 81</b>
<b>5.1</b>	<b>Einführung — 81</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Art des Emulgators — 81</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Struktur des Systems — 82</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Zerfallsprozesse in Emulsionen — 83</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Industrielle Anwendungen von Emulsionen — 85</b>
<b>5.2</b>	<b>Physikalische Chemie von Emulsionssystemen — 85</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Die Grenzfläche (Gibbssche Trennlinie) — 85</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Thermodynamik der Emulsionsbildung und -zersetzung — 87</b>

5.2.3	Wechselwirkungsenergien (Kräfte) zwischen Emulsionströpfchen und ihren Kombinationen — 89
5.3	Mechanismus der Emulgierung — 94
5.3.1	Methoden der Emulgierung — 96
5.3.2	Die Rolle von Tensiden bei der Emulsionsbildung — 97
5.3.3	Die Rolle von Tensiden bei der Deformation von Tröpfchen — 99
5.4	Auswahl der Emulgatoren — 102
5.4.1	Das Konzept des hydrophil-lipophilen Gleichgewichts (HLB) — 102
5.4.2	Das Konzept der Phaseninversionstemperatur (PIT) — 106
5.5	Stabilisierung von Emulsionen — 108
5.5.1	Aufrahmung oder Sedimentation und deren Vermeidung — 108
5.5.2	Ausflockung von Emulsionen und ihre Verhinderung — 110
5.5.3	Ostwald-Reifung und ihre Verringerung — 110
5.5.4	Emulsionskoaleszenz und ihre Verhinderung — 111
	Literatur — 113
6	<b>Tenside als Dispersionsmittel und zur Stabilisierung von Suspensionen — 115</b>
6.1	Einführung — 115
6.2	Die Rolle von Tensiden bei der Herstellung von fest/flüssig-Dispersionen (Suspensionen) — 115
6.2.1	Die Rolle von Tensiden bei Kondensationsverfahren – Keimbildung und Wachstum — 116
6.2.2	Emulsionspolymerisation — 117
6.2.3	Dispersionspolymerisation — 119
6.2.4	Die Rolle von Tensiden bei Dispersionsverfahren — 121
6.3	Bewertung der Benetzbarkeit von Pulvern — 129
6.3.1	Sinkzeit-, Submersions- oder Immersionstest — 129
6.3.2	Messung des Kontaktwinkels von Flüssigkeiten und Tensidlösungen auf Pulvern — 130
6.3.3	Liste der Netzmittel für hydrophobe Feststoffe in Wasser — 130
6.3.4	Stabilisierung von Suspensionen mit Tensiden — 132
	Literatur — 134
7	<b>Tenside zur Schaumstabilisierung — 135</b>
7.1	Einführung — 135
7.2	Vorbereitung des Schaums — 135
7.3	Schaum-Struktur — 137
7.4	Klassifizierung der Schaumstabilität — 138
7.4.1	Entwässerung und Ausdünnung von Schaumfilmen — 139
7.4.2	Theorien zur Schaumstabilität — 140
7.5	Schaum-Inhibitoren — 145

## X — Inhaltsverzeichnis

7.5.1	Chemische Inhibitoren, die die Viskosität senken und die Entwässerung erhöhen — 145
7.5.2	Gelöste Chemikalien, die eine Entschäumung bewirken — 146
7.5.3	Tröpfchen und Öllinsen, die eine Antischaum-Wirkung und Entschäumung verursachen — 146
7.5.4	Oberflächenspannungsgradienten (induziert durch Antischäumer) — 147
7.5.5	Hydrophobe Partikel als Antischaummittel — 147
7.5.6	Mischungen aus hydrophoben Partikeln und Ölen als Antischaummittel — 148
7.6	Bewertung der Schaumbildung und -stabilität — 148
7.6.1	Effizienz und Effektivität eines schäumenden Tensids — 149
	Literatur — 150
<b>8</b>	<b>Tenside in Nanoemulsionen — 151</b>
8.1	Einführung — 151
8.2	Grundlegende Prinzipien der Emulgierung — 153
8.2.1	Methoden der Emulgierung und die Rolle von Tensiden — 155
8.3	Herstellung von Nanoemulsionen — 156
8.3.1	Einsatz von Hochdruckhomogenisatoren — 156
8.3.2	Methoden des Phaseninversionsprinzips (Niedrigenergie-Emulgierung) — 157
8.4	Sterische Stabilisierung und die Rolle der Dicke der adsorbierten Schicht — 159
8.5	Ostwald-Reifung — 161
8.6	Beispiele für Nanoemulsionen — 163
	Literatur — 169
<b>9</b>	<b>Tenside in Mikroemulsionen — 171</b>
9.1	Einführung — 171
9.2	Thermodynamische Definition von Mikroemulsionen — 172
9.3	Beschreibung von Mikroemulsionen anhand von Phasendiagrammen — 173
9.4	Thermodynamische Theorie der Bildung von Mikroemulsionen — 176
9.5	Charakterisierung von Mikroemulsionen mit Hilfe von Streungstechniken — 177
9.5.1	Zeitlich gemittelte Lichtstreuung (statische Lichtstreuung) — 178
9.5.2	Dynamische Lichtstreuung (Photonenkorrelationsspektroskopie, PCS) — 181
9.6	Charakterisierung von Mikroemulsionen mittels Leitfähigkeit — 182
9.7	NMR-Messungen — 184

<b>9.8</b>	<b>Formulierung von Mikroemulsionen — 185</b>
	<b>Literatur — 187</b>
<b>10</b>	<b>Tenside als Benetzungsmittel — 189</b>
10.1	Einführung — 189
10.2	Das Konzept des Kontaktwinkels — 190
10.3	Benetzungsspannung – Haftspannung — 192
10.4	Adhäsionsarbeit $W_a$ — 193
10.5	Kohäsionsarbeit — 193
10.6	Spreitkoeffizient $S$ — 193
10.7	Kontaktwinkel-Hysterese — 194
10.8	Kritische Oberflächenspannung der Benetzung — 195
10.9	Wirkung der Adsorption von Tensiden — 196
10.10	Messung von Kontaktwinkeln — 197
	Literatur — 198
<b>11</b>	<b>Industrielle Anwendungen von Tensiden — 201</b>
11.1	Tenside in Haushalts-, Körperpflege- und Kosmetikprodukten — 201
11.1.1	Rasiermittel-Formulierungen — 207
11.1.2	Seifenstücke — 208
11.1.3	Flüssige Handseifen — 208
11.1.4	Badeöle — 208
11.1.5	Schaumbäder — 209
11.1.6	After-Bath-Präparate — 209
11.1.7	Hautpflegeprodukte — 209
11.1.8	Haarpflegeformulierungen — 211
11.1.9	Sonnenschutzmittel — 215
11.1.10	Make-up-Produkte — 217
11.2	Tenside in der Pharmazie — 220
11.2.1	Oberflächenaktive Arzneimittel — 222
11.2.2	Natürlich vorkommende mizellenbildende Systeme — 223
11.2.3	Biologische Auswirkungen der Anwesenheit von Tensiden in pharmazeutischen Formulierungen — 225
11.2.4	Solubilisierte Systeme — 226
11.2.5	Pharmazeutische Aspekte der Solubilisierung — 227
11.3	Tenside in Agrochemikalien — 228
11.4	Tenside in Farben und Beschichtungen — 238
11.5	Tenside in Detergenzien — 245
	Literatur — 247
<b>Register</b>	<b>249</b>