

Inhaltsverzeichnis

Vorwort — V

1	Emulsionen – Herstellung, Stabilität, Anwendung in der Industrie — 1
1.1	Allgemeine Einführung — 1
1.2	Art des Emulgators — 1
1.3	Aufbau des Systems — 2
1.4	Zerfallsprozesse in Emulsionen — 3
1.5	Aufräumung und Sedimentation — 4
1.6	Ausflockung — 4
1.7	Ostwald-Reifung (Disproportionierung) — 5
1.8	Koaleszenz — 5
1.9	Phasenumkehrung — 5
1.10	Industrielle Anwendungen von Emulsionen — 6
1.11	Gliederung des Buchs — 6
	Literatur — 9
2	Thermodynamik der Emulsionsbildung und -zersetzung — 10
2.1	Die Schnittstelle (Gibbs'sche Trennlinie) — 10
2.2	Thermodynamik der Emulsionsbildung und -zersetzung — 12
	Literatur — 15
3	Wechselwirkungskräfte zwischen Emulsionströpfchen — 16
3.1	Van-der-Waals-Anziehung — 16
3.2	Elektrostatistische Abstoßung — 19
3.3	Sterische Abstoßung — 23
3.3.1	Mischungswechselwirkung G_{mix} — 24
3.3.2	Elastische Interaktion G_{el} — 26
3.3.3	Gesamtenergie der Interaktion — 27
3.3.4	Kriterien für eine wirksame sterische Stabilisierung — 28
	Literatur — 29
4	Adsorption von Tensiden an der Öl/Wasser-Grenzfläche — 30
4.1	Einleitung — 30
4.2	Die Gibbs'sche Adsorptionsisotherme — 30
4.3	Ansatz der Zustandsgleichung — 34
4.4	Die Gleichungen von Langmuir, Szyszkowski und Frumkin — 36
4.5	Effektivität der Adsorption von Tensiden an der Flüssig/ flüssig-Grenzfläche — 37
4.6	Effizienz der Adsorption von Tensiden an der Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und Flüssigkeit — 37

4.7	Adsorption von Gemischen aus zwei Tensiden —	39
4.8	Adsorption von Makromolekülen —	41
4.9	Messungen der Grenzflächenspannung —	42
4.9.1	Das Wilhelmy-Platten-Verfahren —	43
4.9.2	Die Methode des hängenden Tropfens (Pendent-Drop-Methode) —	44
4.9.3	Methode des sitzenden Tropfens (Sessile-Drop-Methode) —	45
4.9.4	Die Du-Noüy-Ring-Methode —	46
4.9.5	Die Methode des Tropfenvolumens (Gewichtsmethode) —	46
4.9.6	Die Spinning-Drop-Methode —	47
	Literatur —	48
5	Mechanismus der Emulgierung und die Rolle des Emulgators —	49
5.1	Einleitung —	49
5.2	Mechanismus der Emulgierung —	49
5.3	Die Rolle von Tensiden bei der Emulsionsbildung —	52
5.3.1	Die Rolle der Tenside bei der Verringerung der Tröpfchengröße —	52
5.3.2	Die Rolle der Tenside bei der Tröpfchenverformung —	55
	Literatur —	60
6	Methoden der Emulgierung —	61
6.1	Einleitung —	61
6.2	Rotor-Stator-Mischer —	61
6.2.1	Gezahnte Geräte —	62
6.2.2	Chargen-Radialmischer —	62
6.2.3	Gestaltung und Anordnung —	64
6.3	Abflussregime —	65
6.3.1	Laminare Strömung —	66
6.3.2	Turbulente Strömung —	69
6.4	Emulgieren mit Membranen —	73
6.5	Formulierungsvariablen und Vergleich verschiedener Emulgiermethoden —	73
	Literatur —	75
7	Auswahl der Emulgatoren —	76
7.1	Einleitung —	76
7.2	Das Konzept des hydrophil-lipophilen Gleichgewichts (HLB) —	79
7.3	Das Konzept der Phaseninversionstemperatur (PIT) —	86
7.4	Das Konzept des kohäsiven Energieverhältnisses (CER) —	89
7.5	Der kritische Packungsparameter (CPP) für die Auswahl der Emulsion —	91
7.6	Stabilisierung durch feste Partikel (Pickering-Emulsionen) —	94
	Literatur —	98

8 Aufrauhmung/Sedimentation von Emulsionen und deren Vermeidung — 100

- 8.1 Einleitung — **100**
- 8.2 Aufrauhmungs- oder Sedimentationsraten — **101**
- 8.2.1 Sehr verdünnte Emulsionen ($\varphi < 0,01$) — **101**
- 8.2.2 Mäßig konzentrierte Emulsionen ($0,2 > \varphi > 0,1$) — **102**
- 8.2.3 Konzentrierte Emulsionen ($\varphi > 0,2$) — **103**
- 8.3 Eigenschaften der Rahmschicht — **104**
- 8.4 Verhinderung von Aufrauhmung oder Sedimentation — **105**
- 8.4.1 Anpassung der Dichte von Ölphase und wässriger Phase — **105**
- 8.4.2 Verringerung der Tröpfchengröße — **105**
- 8.4.3 Verwendung von „Verdickungsmitteln“ — **105**
- 8.4.4 Verringerung der Aufrauhmung/Sedimentation von Emulsionen durch Assoziativverdickungsmittel — **108**
- 8.4.5 Kontrollierte Flockung — **112**
- 8.4.6 Verarmungsflockung — **113**
- 8.4.7 Verwendung von „inerten“ Feinpartikeln — **115**
- 8.4.8 Verwendung von Gemischen aus Polymeren und feinteiligen Feststoffen — **117**
- 8.4.9 Verwendung von flüssigkristallinen Phasen — **117**
- Literatur — **118**

9 Flockung von Emulsionen — 119

- 9.1 Einleitung — **119**
- 9.2 Mechanismus der Emulsionsflockung — **120**
- 9.2.1 Flockung von elektrostatisch stabilisierten Emulsionen — **120**
- 9.2.2 Flockung von sterisch stabilisierten Emulsionen — **125**
- 9.2.3 Schwache Ausflockung von sterisch stabilisierten Emulsionen — **129**
- 9.2.4 Verarmungsflockung — **130**
- 9.2.5 Überbrückende Flockung durch Polymere und Polyelektrolyte — **131**
- 9.3 Allgemeine Regeln zur Verringerung (Beseitigung) der Flockung — **134**
- 9.3.1 Ladungsstabilisierte Emulsionen, z. B. mit ionischen Tensiden — **134**
- 9.3.2 Sterisch stabilisierte Emulsionen — **135**
- Literatur — **135**

10 Ostwald-Reifung in Emulsionen und ihre Verhinderung — 136

- 10.1 Treibende Kraft für die Ostwald-Reifung — **136**
- 10.2 Kinetik der Ostwald-Reifung — **137**
- 10.3 Verringerung der Ostwald-Reifung — **142**
- 10.3.1 Zusatz eines geringen Anteils an hochunlöslichem Öl — **142**
- 10.3.2 Modifizierung der Grenzflächenschicht zur Verringerung der Ostwald-Reifung — **144**

- 10.4 Einfluss der anfänglichen Tröpfchengröße von Emulsionen auf die Ostwald-Reifungsrate — **145**
Literatur — **146**

11 Emulsionskoaleszenz und ihre Verhinderung — 147

- 11.1 Einleitung — **147**
- 11.2 Kräfte über Flüssigfilme hinweg — **147**
- 11.2.1 Ansatz des Trennungsdrucks — **149**
- 11.2.2 Grenzflächenspannung von Flüssigkeitsfilmen — **150**
- 11.3 Filmriss — **151**
- 11.4 Koaleszenzrate zwischen Tröpfchen — **152**
- 11.5 Verringerung der Koaleszenz — **159**
- 11.5.1 Verwendung von gemischten Tensidfilmen — **159**
Literatur — **167**

12 Phasenumkehr und ihre Verhinderung — 168

- 12.1 Einleitung — **168**
- 12.2 Katastrophischer Umsturz — **168**
- 12.3 Übergangsinversion — **171**
- 12.4 Die Phaseninversionstemperatur (PIT) — **173**
Literatur — **179**

13 Charakterisierung von Emulsionen und Bewertung ihrer Stabilität — 181

- 13.1 Einleitung — **181**
- 13.2 Bewertung der Struktur der Fest/flüssig-Grenzfläche — **182**
- 13.2.1 Untersuchung der Doppelschicht — **182**
- 13.2.2 Messung der Adsorption von Tensiden und Polymeren — **184**
- 13.3 Bewertung des Aufrahmens/Sedimentierens von Emulsionen — **186**
- 13.4 Bewertung von Flockung, Ostwald-Reifung und Koaleszenz — **189**
- 13.4.1 Optische Mikroskopie — **189**
- 13.4.2 Elektronenmikroskopie — **191**
- 13.4.3 Konfokale Laser-Scanning-Mikroskopie (CLSM) — **193**
- 13.5 Streuungstechniken — **193**
- 13.5.1 Lichtstreuungstechniken — **193**
- 13.5.2 Messungen der Trübung — **195**
- 13.5.3 Lichtbeugungstechniken — **196**
- 13.5.4 Dynamische Lichtstreuung – Photonenkorrelationsspektroskopie (PCS) — **198**
- 13.5.5 Rückstreuungstechniken — **201**
- 13.6 Messung der Aufrahms- oder Sedimentationsrate — **202**
- 13.7 Messung der Flockungsrate — **202**

13.8	Messung der beginnenden Flockung —	203
13.9	Messung der Ostwald-Reifung —	204
13.10	Messung der Koaleszenzrate —	204
13.11	Volumeneigenschaften von Emulsionen —	205
	Literatur —	205
14	Industrielle Anwendungen von Emulsionen —	207
14.1	Einleitung —	207
14.2	Lebensmittel-Emulsionen —	207
14.2.1	Tenside in Lebensmittelqualität —	208
14.2.2	Assoziationsstrukturen von Tensiden, Mikroemulsionen und Emulsionen in Lebensmitteln —	217
14.3	Emulsionen in Kosmetika und Körperpflegeformulierungen —	220
14.4	Emulsionen in der Pharmazie —	229
14.5	Emulsionen in Agrochemikalien —	232
14.6	Walzöl und Schmierstoffemulsionen —	232
	Literatur —	233
	Register —	235