

Technische Hochschule Darmstadt
Institut für Wasserversorgung
Abwasserbeseitigung und Raumplanung
- Bibliothek -

Petersenstraße 13, D-6100 Darmstadt
TEL. 0 61 51 / 16 36 59
FAX 0 61 51 / 16 37 58

W. A. R. - Bibliothek
Inv.-Nr. D 13370

10 WAA 53

**Einfluß oberflächenaktiver Substanzen
auf Stoffaustauschmechanismen und
Sauerstoffeintrag**

Vom Fachbereich 13 - Wasser und Verkehr -
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs
genehmigte

DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Martin Wagner
aus Oestrich/Rhg.

D 17

Darmstadt, im August 1991

Inhaltsverzeichnis**Seite**

Gliederung	I - V
Verzeichnis der Abbildungen	VI - IX
Verzeichnis der Tabellen	X
Verzeichnis der wichtigsten Symbole	XI - XII
Verzeichnis der griechischen Symbole	XIII
Vorwort	XIV - XV
Kurzfassung	XVI
Summary	XVII
Verzeichnis der Abbildungen im Anhang	XVIII
Verzeichnis der Tabellen im Anhang	XIX - XXII

Gliederung

1.	Einführung	1
2.	Oberflächenaktive Stoffe	6
2.1	Allgemeines	6
2.2	Tenside	6
2.2.1	Einteilung der Tenside	6
2.2.2	Verbrauchsmengen von Tensiden	9
2.2.3	Tensidkonzentrationen in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen	11
2.2.4	Abbaubarkeit von Tensiden	13
2.2.5	Änderung der Eigenschaften des Wassers durch Tenside	14
2.2.6	Adsorption von Tensiden an der Flüssigkeitsoberfläche	18

	<u>Seite</u>
	21
3. Grundlagen des Sauerstoffeintrags bei der Druckluftbelüftung	
3.1 Allgemeines	21
3.2 Theoretische Aspekte des Stoffaustauschs in Flüssigkeiten	21
3.2.1 Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten	21
3.2.2 Diffusion	24
3.2.3 Stoffaustauschkoeffizient	28
3.3 Sauerstoffeintrag in Wasser	33
4. Luftblasen in Wasser und in Tensidlösungen	37
4.1 Allgemeines	37
4.2 Einführung	38
4.3 Blasenbildung	40
4.4 Koaleszenz	44
4.5 Einzelblasen	46
4.5.1 Form und Größe sowie Bewegung	46
4.5.2 Geschwindigkeiten von Luftblasen in Wasser	51
4.5.3 Besonderheiten bei Einzelluftblasen in Tensidlösungen	58
4.5.4 Einflußgrößen auf den Sauerstoffübergang in Wasser	60
4.5.5 Beiwert c_D und dimensionsloser Stoffaustauschkoeffizient	63
4.6 Blasenschwärme	69
4.6.1 Allgemeines	69
4.6.2 Blasengrößenverteilung	69
4.6.3 Schwarmgeschwindigkeit	73
4.6.4 Luftanteil im Wasser und spezifische Grenzfläche	75
4.6.5 Stoffaustauschkoeffizient	76

5.	Literaturübersicht zum Einfluß von Tensiden auf den Sauerstoffübergang und daraus resultierende Problemstellungen	79
5.1	Allgemeines	79
5.2	Literaturübersicht über den Einfluß von Tensiden auf den Stoffübergang	79
5.3	Problemstellung	84
5.4	Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele	87
6.	Meßmethodik	89
6.1	Allgemeines	89
6.2	Belüftungskoeffizient und Sauerstoffsättigungskonzentration in Reinwasser und Tensidlösungen	89
6.2.1	Einführung	89
6.2.2	Grundlagen	90
6.2.3	Durchführung	92
6.2.4	Auswertung von Sauerstoffzufuhrmessungen nach Absorptions- und Desorptionsmethode	94
6.3	Oberflächenspannung	94
6.4	Luftblasendurchmesser	97
6.5	Mittlerer relativer Luftanteil im Wasser	99
6.6	Schlupfgeschwindigkeit von Einzelluftblasen	99
6.7	Genauigkeitsbetrachtungen zu den verschiedenen Meßmethoden	101
6.8	Zusammenfassende Bewertung	102
7.	Experimentelle Untersuchungen	104
7.1	Einführung	104

	<u>Seite</u>	
7.2	Versuchseinrichtungen	105
7.3	Ausgewählte Tenside	107
7.4	Versuchsprogramm	111
7.5	Durchgeführte Messungen und Ergebnisse	119
7.5.1	Koaleszenzzustand	119
7.5.2	Schlupfgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Luftblasendurchmessers	120
7.5.3	Oberflächenspannung	121
7.5.4	Luftblasendurchmesser	122
7.5.5	Mittlerer relativer Luftanteil	124
7.5.6	Spezifische Grenzfläche	125
7.5.7	Belüftungskoeffizient und Sauerstoff- sättigungskonzentration unter Ver- suchsbedingungen	126
7.5.8	Sauerstoffaustauschkoeffizient	129
8.	Auswertung der Versuchsergebnisse	130
8.1	Einführung	130
8.2	Glasbecken im technischen Maßstab	130
8.3	Säule mit Einzeldüse	135
8.4	Glassäule mit Belüftungsteller	144
8.4.1	Einfluß von Tensiden auf charakteri- stische Parameter	144
8.4.1.1	Oberflächenspannung	144
8.4.1.1.1	Oberflächenspannung in Abhängigkeit der Tensidkonzentration	144
8.4.1.1.2	Oberflächenspannung in Abhängigkeit der Belüftungszeit	146
8.4.1.2	Tensidkonzentration an der Grenzfläche	148
8.4.1.3	Vorbemerkungen zu den Kapiteln 8.4.1.4 bis 8.4.1.9	149
8.4.1.4	Luftblasendurchmesser	156
8.4.1.5	Mittlerer relativer Luftanteil	164
8.4.1.6	Spezifische Grenzfläche	170
8.4.1.7	Belüftungskoeffizient	174
8.4.1.8	Sauerstoffaustauschkoeffizient	180

	<u>Seite</u>	
8.4.1.9	Sauerstoffsättigungskonzentration	185
8.4.1.10	pH-Wert	189
8.4.1.11	Gegenüberstellung des Belüftungskoeffizienten, der spezifischen Grenzfläche und des Sauerstoffaustauschkoeffizienten in Tensidlösungen	190
8.4.2	Parameterbeziehungen in tensidhaltigen Wässern	193
8.4.2.1	Einführung	193
8.4.2.2	Einfluß der Oberflächenspannung auf den mittleren Luftblasendurchmesser	195
8.4.2.3	Einfluß der Oberflächenspannung auf den bezogenen Belüftungskoeffizienten	199
8.4.2.4	Abhängigkeit des Sauerstoffaustauschkoeffizienten vom mittleren Blasen- durchmesser	201
8.4.2.5	Einfluß von Natriumsulfat in Tensidlösungen	204
8.4.2.6	Einfluß der Wasserhärte in Tensidlösungen	210
8.5	Hypothesen zur Erklärung der Änderung der Größe der Parameter infolge Tensidzugabe	220
8.5.1	Einführung	220
8.5.2	Spezifische Grenzfläche	221
8.5.3	Sauerstoffaustauschkoeffizient	229
8.6	Zusammenfassung der Auswertung	231
9.	Schlußfolgerungen für die Praxis	240
10.	Zusammenfassung	250
11.	Literatur	257