

Dipl.-Ing. Thomas Weimer, Sindelfingen

**Modellbildung und
technische Anwendungen
für die CO₂-Absorption aus
Gasgemischen mit geringer
CO₂-Konzentration**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **493**

Inhaltsverzeichnis

VERZEICHNIS DER VERWENDETEN SYMBOLE	IX
ZUSAMMENFASSUNG	XI
1 EINLEITUNG	1
2 CO₂-ABTRENNUNG AUS GASGEMISCHEN	3
2.1 Grundlagen der Verfahrensauswahl	3
2.2 Bekannte Verfahren	6
2.3 Kohlendioxidgewinnung aus der Luft	7
3 GRUNDLAGEN DER ABSORPTION	11
3.1 Stofftransport	13
3.2 Stoffübergangsmodelle	16
3.3 Chemische Reaktionen in der Waschflüssigkeit	19
3.4 Das HTU-NTU Konzept	21
4 MODELLIERUNG DER CO₂-ABSORPTION AUS GASGEMISCHEN MIT GERINGER CO₂-KONZENTRATION	24
4.1 Modellparameter	24
4.1.1 Verteilungskoeffizient	25
4.1.2 Enhancementfaktor	26

4.1.3	Kombinierter Flüssigkeitsstoffwert ϕ	29
4.1.4	Gasseitiger Stoffübergangskoeffizient	31
4.1.5	Effektive Phasengrenzfläche	32
4.2	Vernachlässigung des gaseitigen Stofftransportwiderstands	33
4.3	Modellgleichung	35
4.4	Überprüfung der vereinfachenden Annahmen	35
4.4.1	Integrationsbedingungen	36
4.4.2	Modellierung der Flüssigkeitsgrenzschicht	38
5	EXPERIMENTELLE VALIDIERUNG DES MODELLS UND ERMITTLUNG	
	EFFEKTIVER PHASENGRENZFLÄCHEN VON KOLONNENEINBAUTEN	41
5.1	Meßverfahren	42
5.2	Auswertung der Meßergebnisse	43
5.3	Versuchsanlage und Meßtechnik	44
5.3.1	Aufbau der Anlage	44
5.3.2	Meßtechnik	45
5.3.3	Befeuchtungskolonne vor dem Absorber	46
5.4	Theoretischer Meßfehler	47
5.4.1	Einfluß der Gasgeschwindigkeit auf a_{Ph}	48
5.4.2	Einfluß des CO_2 -Gehalts auf a_{Ph}	48
5.4.3	Einfluß des ϕ -Fehlers auf a_{Ph}	50
5.5	Experimentelle Überprüfung der Modellgleichung	51
5.5.1	Experimentelle Überprüfung der Vernachlässigung von β^G	51
5.5.2	Einfluß der Karbonationenkonzentration	53

VII

5.6	Reproduzierbarkeit zwischen verschiedenen Meßreihen	54
5.7	Erhöhung der Meßgenauigkeit durch Luftbefeuchtung	55
5.8	Versuche mit Natronlauge als Waschmittel	56
5.9	Effektive Phasengrenzflächen verschiedener Kolonneneinbauten	59
5.9.1	HIFLOW RINGE 25mm Polypropylen	59
5.9.2	MELLAPAK 250.Y Edelstahl	60
5.9.3	MELLAPAK 250.Y Polypropylen	62
5.9.4	BX Gewebepackung	63
5.10	Beurteilung des Meßverfahrens	64
6	AUSLEGUNG VON CO₂-ABSORPTIONSPROZESSEN	66
6.1	Waschlösung	66
6.2	Hydrodynamik	67
6.3	Auswahl der Kolonneneinbauten	68
6.3.1	Stationärer Absorptionsprozeß	69
6.3.2	Batchbetrieb der Absorptionskolonne	72
6.4	Kolonnendimensionierung	77
6.4.1	CO ₂ -Feinreinigung	77
6.4.2	CO ₂ -Absorption aus Luft	78
6.5	Wasserverdunstung und Partikeleintrag	79
7	REGENERATION DER WASCHLÖSUNG	81
7.1	Karbonatfällung und Kalkbrennen	81
7.1.1	Gleichgewichte und Kinetik	81

VIII

7.1.2	Energiebedarf	85
7.2	Neutralisation der Karbonatlösung und Elektrodialyse	88
8	CO₂-GEWINNUNG AUS LUFT	92
8.1	Verfahren zur CO ₂ -Gewinnung aus Luft	93
8.2	Klimaneutrale Methanolsynthese aus CO ₂ und Wasserstoff	95
8.2.1	Elektrolytische Wasserstofferzeugung	97
8.2.2	Energetische Effizienz der klimaneutralen Methanolsynthese	98
8.3	Vergleich verschiedener CO ₂ -Quellen zur Methanolsynthese	100
A	Iterative Berechnung des Diffusionskoeffizienten	104
B	Einfache Berechnung des ϕ-Werts für KOH/K₂CO₃-Lösungen	107
C	Berechnung der Kühlgrenztemperatur	109
D	AUSGEWÄHLTE MESSWERTE	111
D.1	Messungen mit KOH-Lösungen	111
D.2	Messungen mit NaOH-Lösungen	131
	Literaturverzeichnis	140