

Grösse CS als Funktion von $H' \cdot G/L$ aufgetragen. Die Gesamtheit der Messungen liess sich dadurch, wie Fig. 5 zeigt, durch eine einzige Gerade darstellen. Die statistische Auswertung ergab einen Korrelationskoeffizienten r von 0,98, so dass die gefundene Gerade als stark gesichert angesehen werden muss.

Zur Berechnung der H' -Werte wurde die modifizierte Beziehung von *Eymann*¹⁾ in der Form

$$\log H' = 5,97 - 1780/(273 + t)$$

angewandt.

Zusammenfassung.

Es wurde eine Methode zur Berechnung des Konzentrationsverlaufes als Funktion der Kolonnenhöhe für die Ammoniakabsorption in Wasser abgeleitet und experimentell bestätigt.

Die Konzentrationssteigung CS wurde als neues Mass für die Kolonnenwirksamkeit eingeführt, und es wurde festgestellt, dass dieses Mass bei einer gegebenen Kolonne in einer linearen Beziehung zum Absorptionsfaktor $H' \cdot G/L$ steht.

Technisch-chemisches Laboratorium
der Eidg. Technische Hochschule, Zürich.

187. Über einige Untersuchungen an Absorptionskolonnen.

2. Mitteilung

von A. Guyer, A. Guyer jr. und F. Müller.

(27. VIII. 55.)

Die in einer ersten Mitteilung²⁾ dargelegte Auswertungsmethode des Konzentrationsverlaufes in einer Füllkörperkolonne wurde weiterhin auf ihre Gültigkeit bei variabler Höhe und einem grösseren Querschnitt geprüft.

Es fanden zwei Kolonnen mit folgenden Charakteristiken Anwendung:
Kolonne I: 100 mm Durchmesser, gefüllt mit 10 mm *Raschig*-Ringen, Füllhöhe 1,20 m.
Kolonne II: 200 mm Durchmesser, gefüllt mit 15 mm *Raschig*-Ringen, Füllhöhe 1,20 m.

Die Gasmenge wurde von 600 bis 2000 m^3/h m^2 Luft mit ca. 3% Ammoniak und die Berieselungsmenge von 2000 bis 7000 kg/h m^2 Wasser variiert.

Nomenklatur:

G	Trägergasstrom	...	...	...	Mol/h
L	Berieselungsstrom	...	...	...	Mol/h
Y	Gaskonzentration	...	...	...	Mol/Mol
X	Flüssigkeitskonzentration	...	...	...	Mol/Mol

¹⁾ C. Eymann, Gas- u. Wasserf. **90**, 506 (1949).

²⁾ A. Guyer, A. Guyer jr. & F. Müller, Helv. **38**, 1545 (1955).

P	Gesamtdruck	at
S	Kolonnenquerschnitt	m^2
a	spez. Füllkörperoberfläche	m^2/m^3
K_G	Stoffübergangszahl	$Mol/h \cdot m^3$
H'	Henry'sche Konstante	
CS	Konzentrationssteigung	
Indices: o	Anfangskonzentration	
e	Endkonzentration	

1. Messungen. Die Versuchsserie an der Kolonne I ist in Tab. 1 zusammengestellt. Die logarithmierten Konzentrationen in Funktion der Kolonnenhöhe ergaben Geraden, deren Steigungen graphisch bestimmt werden konnten. Als Gesamtergebnis ist die in der ersten Mitteilung¹⁾ genauer beschriebene Grösse CS in Funktion von $H' \cdot G/L$ in Fig. 1 aufgetragen, analog für Kolonne II in Fig. 2. (Tab. 1 und 2.)

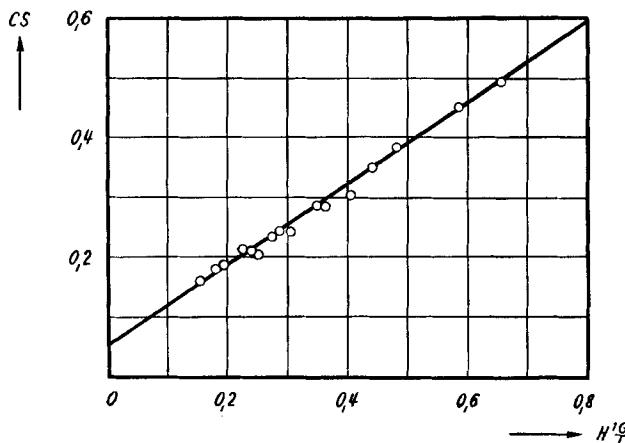


Fig. 1.
Konzentrationssteigung in Funktion von $H' \cdot G/L$. Kolonne I.

2. Diskussion der Resultate. Die beiden zusammenfassenden Geraden sind, wie bei den früheren Untersuchungen, auch in diesem Falle stark gesichert. Allerdings muss erwähnt werden, dass Messungen mit sehr kleinen G und L wegen Mess-Schwierigkeiten nicht ausgeführt werden konnten. Es ist möglich, dass in diesem technisch jedoch unbedeutenden Arbeitsbereich Abweichungen auftreten können.

Bemerkenswert ist für die kürzeren Kolonnen das Auftreten eines Achsenabschnittes, offenbar infolge eines grösseren prozentualen Anteils von Randeffekten bezogen auf die Kolonnenlänge. Für noch kürzere Kolonnen ergeben sich, wie eine Auswertung der Daten von Fellinger²⁾ zeigt, zunehmend grössere Achsenabschnitte.

¹⁾ A. Guyer, A. Guyer jr. & F. Müller, Helv. **38**, 1545 (1955).

²⁾ L. Fellinger, Diss. MIT 1941.

Tabelle 1.
Versuchsresultate (Kolonnenhöhe: 120 cm, Kolumnendurchmesser: 10 cm, *Raschig*-Ringgrösse: 10 mm).

G (Mol/h)	L (Mol/h)	t (°C)	H' ·10 ⁻²	H'·G/L ·10 ⁻³	Y ₀ ·10 ⁻³	Y _e ·10 ⁻³	X · 10 ⁻³				CS ·10 ⁻³
							h = 0 m	0,25	0,45	0,65	
531	2920	22,5	92	167	3,60	10	653	166	58	—	—
732	2920	22,5	92	231	3,55	0	894	310	101	29	—
450	2920	22,5	92	141	3,50	10	526	126	65	11	—
450	2800	22,5	92	179	3,50	0	676	159	54	25	—
450	1870	22,5	92	221	3,50	0	850	288	94	36	—
450	1475	22,5	92	281	3,50	20	1010	380	137	63	36
450	1110	22,5	92	373	3,50	15	1360	670	332	180	—
532	2360	22,5	92	207	3,50	0	790	290	83	43	90
532	1870	22,0	90	257	3,55	0	1010	425	152	72	—
532	1475	22,0	90	326	3,58	0	1300	626	238	122	72
532	1110	23,0	94	451	3,58	40	1520	850	490	29	18
650	2360	23,0	94	259	3,42	0	945	274	144	61	—
650	1870	23,0	94	361	3,45	40	1110	382	216	123	54
650	1475	23,0	94	414	3,45	40	1350	600	396	216	108
650	1110	23,0	94	551	3,45	40	1770	950	648	418	274
732	1110	24,0	98	650	3,56	70	1950	1055	750	504	338

Versuchsergebnisse (Kolonnenhöhe: 130 cm, Kolonnen Durchmesser: 20 cm, Raschig-Ringgrösse: 15 mm).

G Mol/h	L (Mo/h)	t (°C)	H' 10 ⁻²	H'·G/L 10 ⁻³	Y ₀ (%)	Y _e ·10 ⁻³	X · 10 ⁻³					CS ·10 ⁻³
							h = 0 m	0,095	0,255	0,420	0,595	
1180	5550	15	60	128	3,00	0	740	475	328	202	76	54
1970	5550	17	67	238	3,00	250	1130	1045	594	263	216	72
2370	3900	18	70	426	3,00	500	1800	1380	504	1050	505	173
1180	3900	16	63	190	3,00	250	935	875	494	187	83	—
1580	7220	15	60	132	3,00	0	672	648	378	308	123	101
1580	10550	12	52	78	3,00	0	544	471	259	180	58	—
1970	12250	10	48	77	3,00	0	565	500	255	173	61	—
790	8900	12	52	46	3,00	0	320	252	155	144	16	—
2360	8900	15	60	159	3,00	100	900	890	702	636	234	169
1180	12250	10	48	46	3,00	0	370	368	152	—	16	—
1180	12250	13	55	53	3,00	0	378	374	137	86	25	—
1180	8900	13	55	73	3,00	0	515	510	227	140	40	25
1970	7220	16	63	172	3,00	0	876	828	504	407	180	122
2360	10550	14	57	127	3,00	0	700	584	342	317	112	54
790	5550	13	55	78	3,00	0	444	433	180	154	43	—
1580	3900	17	67	271	3,00	100	1370	1290	746	650	328	262
1970	8900	13	55	122	3,00	0	680	667	404	105	43	—
790	10550	11	50	38	3,00	0	238	230	79	36	—	—
2360	5550	18	70	298	3,00	250	1380	1270	1050	775	360	278
790	3890	14	57	116	3,00	90	509	433	249	130	36	—
1580	12250	12	52	67	3,00	0	468	446	256	187	47	25
790	7220	12	52	57	3,00	0	350	342	140	83	25	—
1970	3890	19	73	370	3,00	250	1461	1461	1028	854	389	270
1180	10550	12	52	58	3,00	0	414	396	195	140	47	25
1580	8900	12	52	93	3,00	0	587	583	317	180	72	36
2360	12250	12	52	100	3,00	0	605	422	267	224	83	—
1180	7230	13	55	90	3,00	0	559	461	205	144	50	40
790	12250	12	52	34	3,00	0	216	144	40	29	18	11

Von Bedeutung wird nun der Zusammenhang zwischen der für den Einzelversuch charakteristischen Grösse CS und den gebräuchlichen Kolonnencharakteristiken HTU und $K_G \cdot a$. Er ist gegeben durch die früher¹⁾ abgeleitete Beziehung:

$$CS = \frac{G}{(1 - H' \cdot G/L) \cdot K_G \cdot a \cdot S \cdot P} \quad (1)$$

und die Definitionsgleichung¹⁾ für HTU:

$$HTU = \frac{h}{n_{OG}} = \frac{G}{K_G \cdot a \cdot S \cdot P}. \quad (2)$$

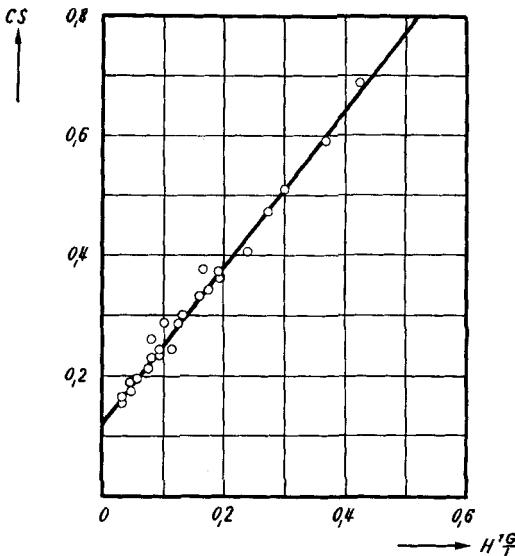


Fig. 2.

Konzentrationssteigung in Funktion von $H' \cdot G/L$. Kolonne II.

Aus (1) lässt sich folgende Bestimmungsgleichung für $K_G \cdot a$ ableiten:

$$K_G \cdot a = \frac{G}{(1 - H' \cdot G/L) \cdot S \cdot P \cdot CS}. \quad (3)$$

Gleichung (2) in (1) eingesetzt ergibt:

$$CS = HTU / (1 - H' \cdot G/L);$$

daraus wird:

$$HTU = CS \cdot (1 - H' \cdot G/L). \quad (4)$$

In Tab. 3 sind nach obiger Beziehung berechnete HTU-Werte solchen gegenübergestellt, die nach der herkömmlichen Methode erhalten wurden. Es ist daraus ersichtlich, dass z. T. bemerkenswerte Unterschiede auftreten, die mehrheitlich davon herrühren, dass die Ermittlung von n_{OG} mit relativ grossen Fehlern behaftet ist.

¹⁾ A. Guyer, A. Guyer jr. & F. Müller, Helv. 38, 1545 (1955).

Auch die Untersuchungen an Kolonne II ergaben Eintritts-effekte am Kolonnenfuss. Die untersten 10 cm Kolonnenlänge arbeiten größenordnungsmässig dreimal schlechter als der übrige Teil der Kolonne.

Tabelle 3.

t (°C)	L (Mol/h)	G (Mol/h)	HTU _(CS) (m)	HTU _(n₀G) (m)
10,0	10550	790	0,182	0,173
12,0		1180	0,211	0,190
11,0		1580	0,253	0,195
13,5		1970	0,251	0,270
13,0		2360	0,303	0,314
12,0	8900	790	0,220	0,130
12,5		1180	0,218	0,249
12,0		1580	0,252	0,286
12,0		1970	0,287	0,232
15,5		2360	0,328	0,298
11,5	7220	790	0,206	0,197
12,5		1180	0,230	0,275
16,0		1580	0,317	0,276
16,0		1970	0,330	0,302
16,0		2360	0,369	0,352
13,0	5550	790	0,245	0,245
15,5		1180	0,246	0,242
17,5		1580	0,314	0,379
16,5		1970	0,335	0,294
17,5		2360	0,341	0,368

Die oben abgeleitete Beziehung (4) erlaubt uns weiterhin, die früher erwähnte Darstellungsart¹⁾ von HTU als Funktion von $H' \cdot G/L$ zu diskutieren.

Das Ergebnis vorliegender Untersuchungen kann allgemein wie folgt formuliert werden:

$$CS = a + b \cdot (H' \cdot G/L). \quad (5)$$

Eingesetzt in (4) erhält man:

$$HTU = (a + b \cdot H' \cdot G/L) (1 - H' \cdot G/L) \quad (6)$$

oder

$$HTU = a + (b - a) (H' \cdot G/L) - b (H' \cdot G/L)^2. \quad (7)$$

HTU als Funktion von $H' \cdot G/L$ aufgetragen muss demnach einen parabolischen Verlauf zeigen. Eine solehe Kurve lässt sich, im Gegensatz zu früheren Darstellungen²⁾, tatsächlich auch besser durch die Punkteschar legen, wie Fig. 3 zeigt.

¹⁾ A. Guyer, A. Guyer jr. & F. Müller, Helv. **38**, 1545 (1955).

²⁾ J. H. Perry, Chem. Engrs. Handbook, S. 693 (1953).

Mit Hilfe der neuen Grösse CS lassen sich nunmehr die Höhen von Absorptionskolonnen recht einfach berechnen. Nach Ableitungen in der früheren Mitteilung gilt:

$$\ln [X(1 - H' \cdot G/L) + Y_e \cdot G/L] + C' = - \frac{1}{CS} \cdot h. \quad (8)$$

Zur Bestimmung von h ist somit nur noch die Integrationskonstante C' zu berechnen.

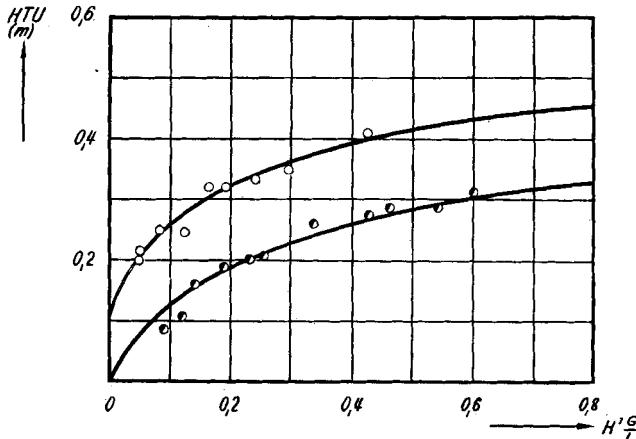


Fig. 3.

HTU als Funktion von $H' \cdot G/L$. \circ Kolonne II, \bullet Kolonne I.

Für $h = 0$ (Kolonneneintritt) ist $X = X_0$, somit wird:

$$-C' = \ln [X_0(1 - H' \cdot G/L) + Y_e \cdot G/L]; \quad (9)$$

damit erhält man, in (8) eingesetzt und für $X_e = 0$:

$$h = CS \cdot 2,303 \cdot \log \frac{[X_0(1 - H' \cdot G/L) + Y_e \cdot G/L]}{Y_e \cdot G/L}. \quad (10)$$

Rechnungsbeispiel: Kolonne: 20 cm Durchmesser, gefüllt mit 15 mm Raschig-Ringen. Temperatur 14° ($H' = 0,57$), $G = 1200$ Mol/h Luft, $L = 6000$ Mol/h Wasser, $Y_0 = 4,00\%$, $Y_e = 0,04\%$, $X_0 = 0$.

Wie hoch muss die Füllung gewählt werden?

1. Berechnung auf Grund von CS (Fig. 2): $h = 1,01$ m.
2. Berechnung auf Grund von n_{OG} : $h = 1,04$ m.

Für beide Berechnungen sind die Eintrittseffekte vernachlässigt worden.

Der Vollständigkeit halber seien in Formel (10) die Flüssigkeitskonzentrationen X noch durch die Gaskonzentrationen Y ersetzt.

$$X_0 = (Y_0 - Y_e) \cdot G/L \quad (11)$$

$$h = CS \cdot 2,303 \cdot \log \left[\frac{Y_0}{Y_e} (1 - H' \cdot G/L) + H' \cdot G/L \right]$$

Die Grösse CS ist temperaturabhängig: je grösser die mittlere Kolonnentemperatur, desto grösser ist auch CS. Die Resultate zeigen, dass im vorliegenden Messbereich die Korrektur durch die *Henry*'sche Konstante H' in der Abszissenkoordinate $H' \cdot G/L$ genügt.

Zusammenfassung.

Durch Untersuchungen an zwei verschiedenen Füllkörperkolonnen konnte gezeigt werden, dass die früher beschriebene Charakterisierungsgrösse CS für eine gegebene Ammoniak-Absorptionskolonne in einer linearen Beziehung zum Mengenverhältnis G/L steht, wodurch für die Charakterisierung des Systems nur noch zwei Messungen bei verschiedenen Gas- oder Flüssigkeitsgeschwindigkeiten erforderlich sind.

Die Beziehungen von CS zu $K_G \cdot a$ und HTU wurden theoretisch abgeleitet und experimentell bestätigt, wobei gezeigt wurde, dass auch direkt aus der Konzentrationssteigung CS Kolonnenhöhen berechnet werden können.

Es wurde theoretisch und experimentell gezeigt, dass HTU in Funktion von $H' \cdot G/L$, im Gegensatz zu früheren Arbeiten, vorteilhaft durch eine Parabel dargestellt wird.

Technisch-chemisches Laboratorium
der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

188. Heilmittelchemische Studien in der heterocyclischen Reihe.

13. Mitteilung¹⁾.

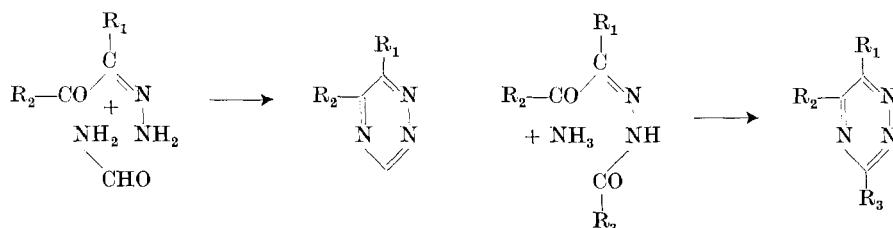
1,2,4-Triazine

von P. Schmidt und J. Druey.

(20. VIII. 55.)

Zwei Veröffentlichungen von *R. Metze*, in welchen über die Darstellung der bis dahin unbekannten Alkyl- und Aryl-1,2,4-triazine berichtet wird²⁾, veranlassen uns, über unabhängige eigene Versuche zu berichten.

Die beiden Methoden von *Metze* werden durch die folgenden Formelbilder veranschaulicht.



¹⁾ 12. Mitt. s. Helv. **38**, 284 (1955).

²⁾ *R. Metze*, Chem. Ber. **87**, 1540 (1954); **88**, 772 (1955).