

- [11] GIEGERICH, W.: Ergebnisse und Probleme der maschinellen Flaschenfertigung. Glastechn. Ber. 30 (1957) S. 299 – 308.
- [12] RECKZIEGEL, E.: Bericht über die Roirant-R 7-Maschine. (Fachauschußvortrag.) [Ref. Glastechn. Ber. 35 (1962) S. 305.]
- [13] GIEGERICH, W.: Wärmetechnische Probleme der Gestaltung von Glasformen. Glastechn. Ber. 23 (1950) S. 161 bis 169.
- [14] WILLE, R.: Methoden der Formenkühlung an Glasverarbeitungsmaschinen. Glastechn. Ber. 23 (1955) S. 351 bis 359.
- [15] GELEJ, A.: Bildsame Formung der Metalle in Rechnung und Versuch. Berlin: Akademie-Verl. 1960.
- [16] KÖRBER, F. und EICHINGER, A.: Die Grundlagen der bildsamen Verformung. Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. Eisenforsch. 22 (1940) S. 57 – 80.
- [17] EITTEL, W.: Studien über Strömungsvorgänge bei der vollautomatischen Glasverarbeitung im Feeder- und Kipp-Prozeß. Glastechn. Ber. 11 (1933) S. 201 – 205.
- [18] STRAUB, F.: Einige Ursachen der thermischen Riß- und Sprungbildung bei Glas. (Fachauschußvortrag.) [Ref. Glastechn. Ber. 34 (1961) S. 593.] (48030)

DK 662.612:533.6.011:666.1.031.24

Modelluntersuchungen an U-Flammenwannen

Teil III: Aufenthaltszeitverteilungen*)

Von RUDOLF BRÜNING, Karlsruhe

(Mitteilung aus dem Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Universität Karlsruhe (TH))

(Eingegangen am 24. Mai 1968)

Die Zielsetzung der vorliegenden Modellversuche und die Frage, inwieweit man deren Ergebnisse auf Großausführungen übertragen darf, sowie der Aufbau des im Maßstab 1:8 angefertigten Modells und der Versuchsanlage wurden bereits in den Teilen I und II [1, 2] erläutert. Es werden nun noch einige Einzelheiten ergänzt, welche für die folgenden Versuche von Bedeutung sind.

In dem vorliegenden Bericht wird die Messung der Aufenthaltszeitverteilungen erörtert. Diese Größen sind für den Konstrukteur eines Industrieofens von großer Bedeutung, da er genügend Zeit für die Mischung und Reaktion des Brennstoffs und die Wärmeabgabe des Rauchgases gewährleisten muß. Die Verweilzeiten der einzelnen Volumenelemente im Reaktionsraum streuen allerdings sehr, weil sie mit unterschiedlicher Geschwindigkeit die verschiedensten Wege zurücklegen, weshalb die Durchschnittsaufenthaltszeit bestimmt wird. Da die Volumenelemente nach dem in Teil I [1] beschriebenen Strömungsverlauf die Ofenlänge mindestens zweimal durchfließen, ist eine im Vergleich zu Öfen mit nichtumgelenkten Flammen relativ hohe Aufenthaltszeit zu erwarten.

1. Literaturübersicht und theoretische Grundlagen

In den letzten Jahren wurde mehrfach versucht, als Hilfsmittel zur Beurteilung des Wärmeaustauschs Aufenthaltszeitverteilungen der Rauchgase im Ofenraum zu bestimmen. Ein Verfahren zur Messung der Aufenthaltszeiten in Wassermodellen wurde von ZENKNER [3] angegeben, der das Modell einer querbeheizten Glasschmelzwanne untersuchte. Er ermittelte vor allem Aufenthaltszeitverteilungen bei verschiedenen Anordnungen und Impulsen des Zerstäuberstrahls und mehreren Höhen des Ofenraums. Daneben wurden einige Mischungsfelder ausgemessen, um Flammenlänge und Flammenform zu bestimmen. Die Ergebnisse von ZENKNER werden zum Vergleich mit den Werten der U-Flammenwanne herangezogen.

Ein Verfahren zur Messung der Aufenthaltszeitverteilungen an einem Ofen im Betriebszustand wurde von BEÉR und LEE [4] angegeben. Man mischt der Verbrennungsluft so lange Argon zu, bis eine konstante Konzentration am Meßpunkt erreicht ist. Sodann wird der Argonzusatz abgeschaltet und gleichzeitig ein Zeitsteuergerät in Gang gesetzt, das zwanzig Probeflaschen nacheinander zu bestimmten vorprogrammierten Zeiten füllt. Diese Proben werden einzeln analysiert, und man erhält Konzentrationsabfallkurven, welche nach einer Normierung mit der Ausgangskonzentration c_0 die Summenkurven der Aufenthaltszeitverteilung liefern.

Das Verweilzeitspektrum kontinuierlich durchströmter Reaktionsräume läßt sich formelmäßig entweder durch statistische Überlegungen oder durch Aufstellung von Bilanzgleichungen [5, 6] erfassen. In der Literatur wurde meist die letztere Methode, die anschaulicher ist, näher diskutiert.

Für zwei ideale Grenzfälle des Verweilzeitverhaltens können exakte mathematische Lösungen für den Konzentrationsverlauf am Ofenausgang in Abhängigkeit von der Zeit angegeben werden, einmal für den Fall der Kolbenströmung und andererseits für den homogenen Reaktor.

Bei Kolbenströmung nimmt man an, daß Volumenelemente, welche zum gleichen Zeitpunkt in den Reaktionsraum eintreten, mit konstanter und gleichförmiger Geschwindigkeit auf parallelen Bahnen hindurchfließen und zum gleichen Zeitpunkt austreten, d. h. die Aufenthaltszeit aller Volumenelemente ist gleich. Für die Summenkurve der Aufenthaltszeit gilt:

$$\frac{c}{c_0} = k(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } 0 \leq t < S/u \\ 0 & \text{für } t > S/u \end{cases} \quad (1)$$

Der aus dieser Gleichung resultierende Kurvenverlauf ist in Bild 1a dargestellt.

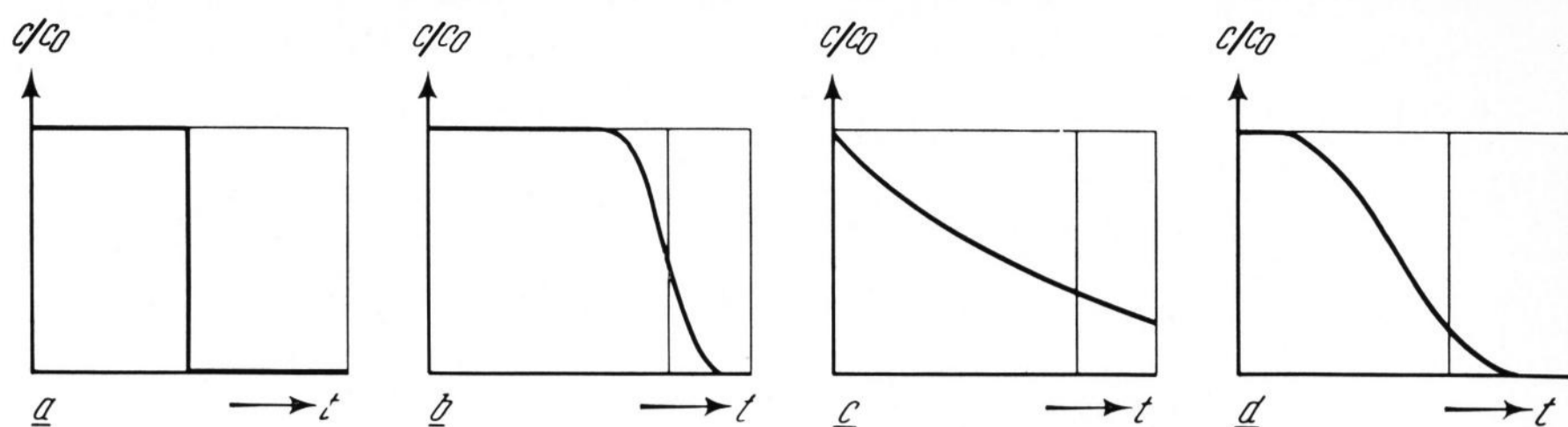
Eine exakte Kolbenströmung ist allerdings bei NEWTONSchen Flüssigkeiten nicht zu erwarten, da durch Zähigkeitseinflüsse und Diffusion immer eine Mischung in Längsrichtung auftritt. Man erhält dadurch etwa den in Bild 1b dargestellten Kurvenverlauf.

Im Fall des homogenen Reaktors wird vorausgesetzt, daß durch vollständige Vermischung im gesamten Reaktionsraum die gleiche Konzentration herrscht. Sofern der Zulauf zum Reaktor die Konzentration c_0 hat und die mittlere theoretische Verweilzeit im Reaktor definiert ist als Quotient aus dem Reaktorvolumen v und dem Volumenstrom \dot{V} ,

$$T = v/\dot{V}, \quad (2)$$

*) Auszug aus der von der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Universität Karlsruhe (TH) genehmigten Dissertation des Verfassers.

Bilder 1 a bis d. Aufenthaltszeitsummenkurven,
 a) Kolbenströmung,
 b) Kolbenströmung, Mischung in Axialrichtung,
 c) vollkommene Mischung,
 d) Strömung mit Totwasser.



erhält man:

$$\frac{d(c/c_0)}{dt} = -\frac{1}{T} \left(\frac{c}{c_0} \right) \quad (3)$$

Nach der Integration mit der Randbedingung $c/c_0 = 1$ für $t = 0$ wird

$$c/c_0 = e^{-t/T} \quad (4)$$

Die Kurve, welche sich aus dieser Funktion ergibt, ist in Bild 1 c aufgetragen.

Bei Reaktionsräumen mit Totwassergebieten oder großen Wirbeln, wie sie in der Praxis vorkommen, ist der in Bild 1 d dargestellte Kurvenverlauf zu erwarten. Die Kurve verläuft zunächst auf dem Wert 1 und geht dann in einen logarithmischen Abfall über. Ein merklicher Teil des Volumenstroms wird in Wirbeln zurückgehalten, so daß noch wesentlich später als zur theoretischen Aufenthaltszeit T Substanz abgegeben wird.

Die Form der Aufenthaltszeitsummenkurven hängt von den relativen Zeiten ab, welche die Strömungsteilchen in Anspruch nehmen, um den Reaktor zu durchfließen, oder, mit anderen Worten, von der Aufenthaltszeitverteilung. Diese Verteilungskurven können durch Differentiation aus den Summenkurven gewonnen werden.

Versucht man, einen theoretischen Kurvenverlauf zu entwickeln, der den Meßkurven entspricht, so erhält man diesen in einem von BARTOK, HEATH und WEISS [7] entwickelten Gedankenmodell durch Kombination von homogenem und Kolbenströmungsreaktor. Man kann sich die beiden Teilreaktoren parallel oder in Serie geschaltet denken. Dabei ergeben sich am Modellausgang folgende in Bild 2a in logarithmischem Maßstab dargestellte Konzentrationsabfallkurven oder Summenkurven der Aufenthaltszeitverteilung.

In der oberen Hälfte sind die Kurven für eine Parallelschaltung der beiden Teilreaktoren aufgetragen. Der Parameter a gibt den Anteil des homogenen Reaktors am Gesamtvolumen an. Neben den beiden Extremwerten, Kolbenströmungsreaktor mit $a = 0$ und homogenem Reaktor mit $a = 1$ sind einige Zwischenwerte für Volumenanteile von 10, 50 und 90% des homogenen Reaktors eingezeichnet. Bei einer Parallelschaltung gelten für den Kurvenverlauf folgende Funktionen:

$$\frac{c}{c_0} = (1-a) + a \cdot e^{-t/T}, \quad 0 \leq t < T, \quad (5)$$

$$\frac{c}{c_0} = a \cdot e^{-t/T}, \quad t > T.$$

Die entsprechenden Kurven bei einer Serienschaltung sind im unteren Teil von Bild 2b aufgetragen. In diesem Fall gelten die Funktionen:

$$\frac{c}{c_0} = 1, \quad 0 < t < (1-a)T, \quad (6)$$

$$\frac{c}{c_0} = \exp \left[\frac{-t + (1-a)T}{aT} \right], \quad t > (1-a)T.$$

2. Meßverfahren

Zur Bestimmung der Aufenthaltszeit wurde eine Meßeinrichtung entwickelt, welche prinzipiell mit der von BEÉR und LEE [4] übereinstimmt. Bild 3 zeigt das Schema der Anlage. An den Meßpunkten wird mit einer Sonde kontinuierlich abgesaugt, an die über eine Verteilerleitung eine Batterie von evakuierten Probeflaschen angeschlossen ist. Die zwischen Verteilerrechen und Gassammelflaschen eingebauten Magnetventile werden mit einem Programmsteuergerät zu genau festgelegten Zeiten geschaltet. Da das Druckgefälle zwischen Absaugleitung und Flaschen groß ist, werden diese in sehr kurzer Zeit gefüllt. Nach Abschluß eines Versuchs werden die Sammelflaschen geschlossen, ausgebaut und die Proben in einem Gaschromatografen analysiert.

Zur Ermittlung der Aufenthaltszeit wird dem Volumenstrom so lange Methan als Markierungsmittel zugemischt, bis eine konstante Konzentration am Meßpunkt erreicht ist. Sodann schaltet man den Zufluß des Indikators ab und startet gleichzeitig das Zeitsteuergerät. Man erhält eine Konzentrationsabfallkurve, die nach einer Normierung mit der Ausgangskonzentration die Summenkurve der Aufenthaltszeitverteilung liefert.

Die genaue zeitliche Übereinstimmung des Abschaltens mit dem Start des Programmsteuergeräts ist durch eine elektrische Schaltung gewährleistet. Eine Überprüfung und Eichung des Steuergeräts mit einer elektro-

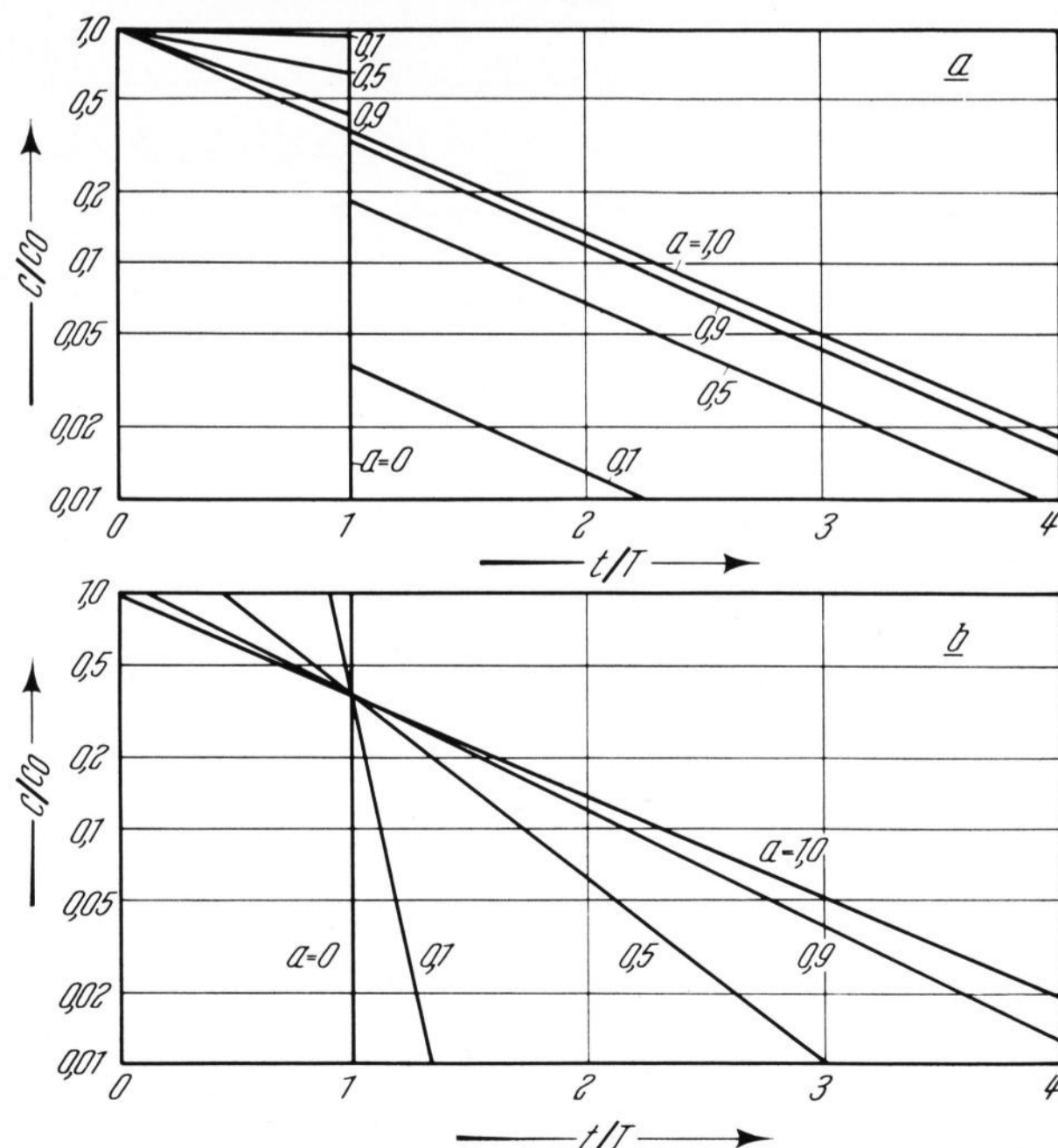


Bild 2. Aufenthaltszeitsummenkurven bei Kombination von homogenen und Kolbenströmungsreaktor.
 a = Anteil des homogenen Reaktors am Gesamtvolumen.

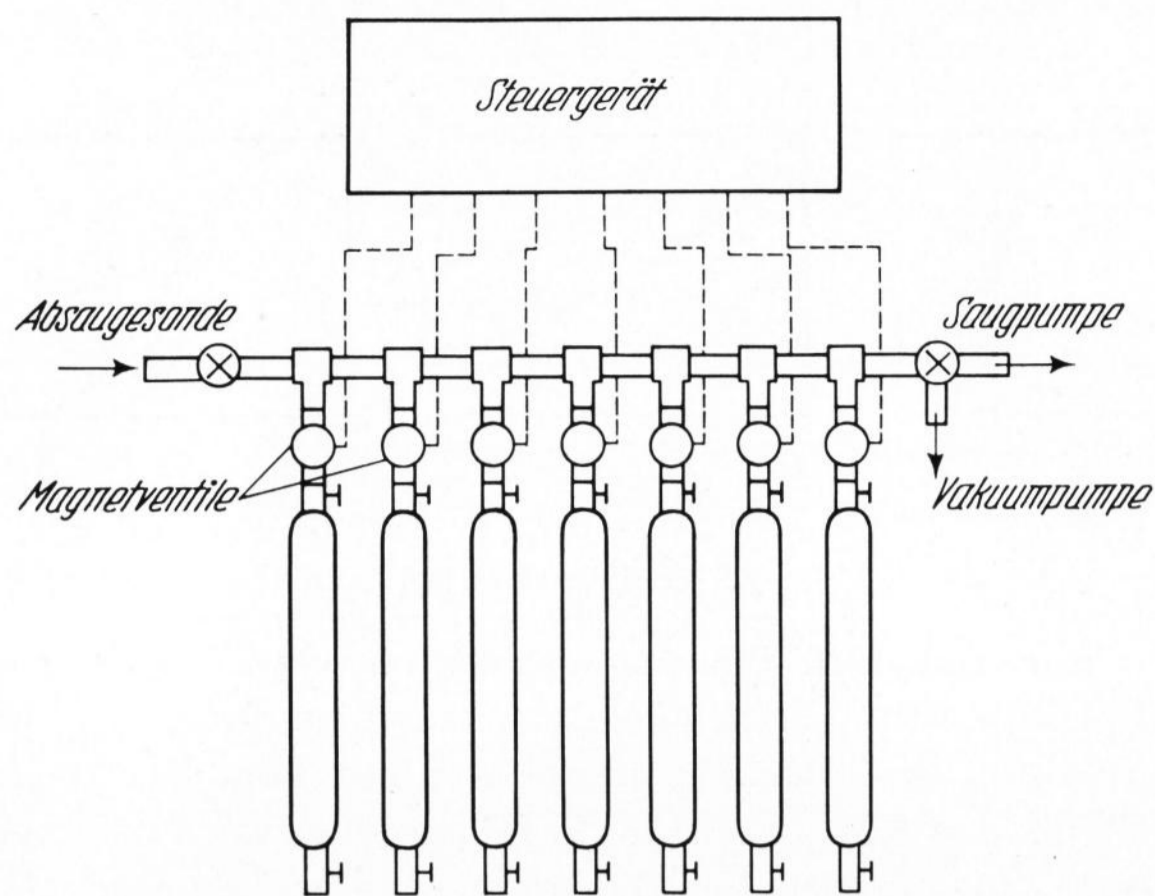


Bild 3. Schema der Aufenthaltszeitmeßanlage.

magnetisch betätigten Stoppuhr ergab, daß die Streuung der Öffnungs- und Schließzeiten der Magnetventile sehr gering ist. Verstellbare Nocken ermöglichen eine Anpassung des Schaltwerks an den Meßvorgang. Außerdem kann seine Umlaufzeit mit Getriebewechselrädern verändert werden.

Die mittlere gemessene Aufenthaltszeit \bar{t} erhält man aus der Summenkurve $A(t)$ nach folgender Gleichung (siehe Bild 4):

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} A(t) dt \quad (7)$$

Die analytische Berechnung der mittleren Aufenthaltszeit ist also nur möglich, wenn die Funktion $A(t)$ bekannt ist. Da dies jedoch nur in wenigen speziellen Fällen zutrifft, muß die mittlere gemessene Aufenthaltszeit \bar{t} grafisch mit Hilfe eines Planimeters bestimmt werden. Ferner wird noch die theoretische mittlere Aufenthaltszeit T nach Gleichung (2) berechnet.

An Hand der gemessenen und der theoretischen mittleren Aufenthaltszeit ergibt sich eine dimensionslose Kenngröße, ein Aufenthaltszeitverhältnis

$$\frac{T}{\bar{t}} \quad (8)$$

Aus diesem Wert können Rückschlüsse auf Rückströmungs- und Totwassergebiete und deren Umfang gezogen werden. Es ist eine in erster Linie von der Ofengeometrie abhängige Kennzahl.

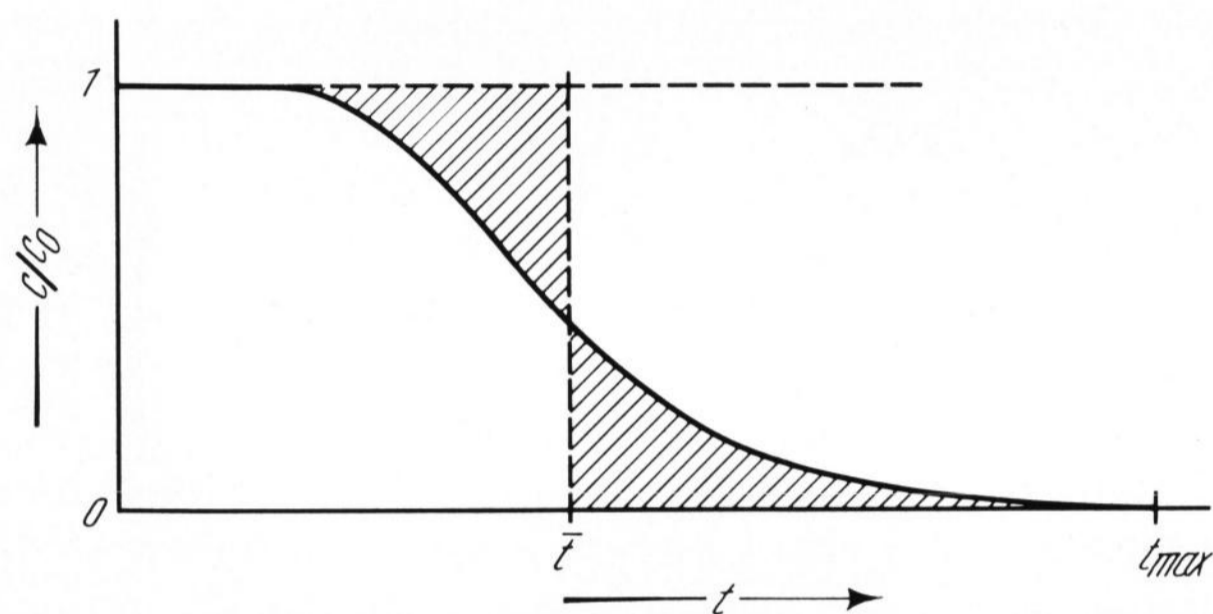
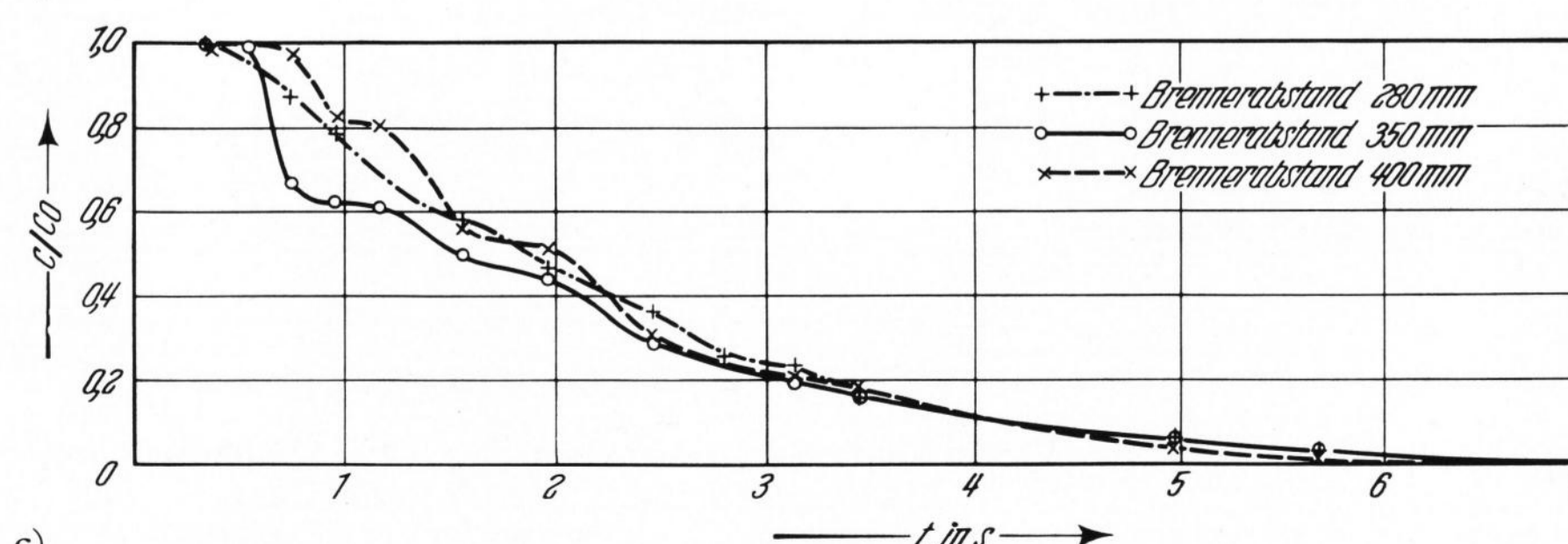
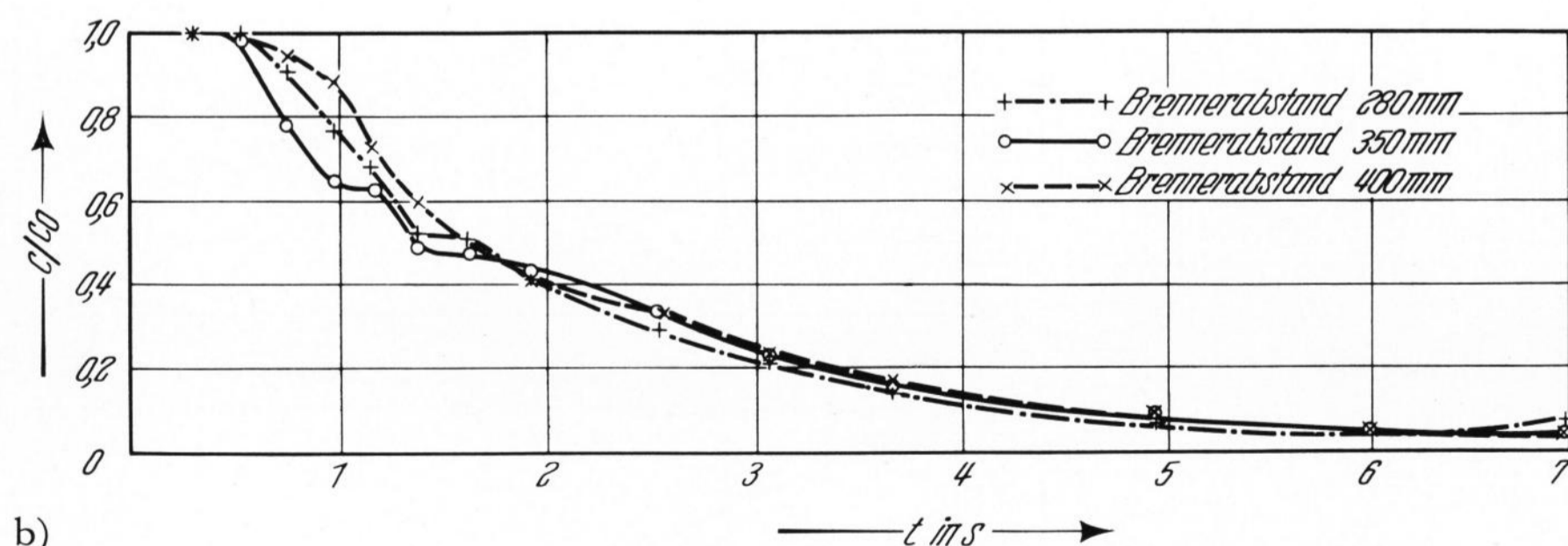
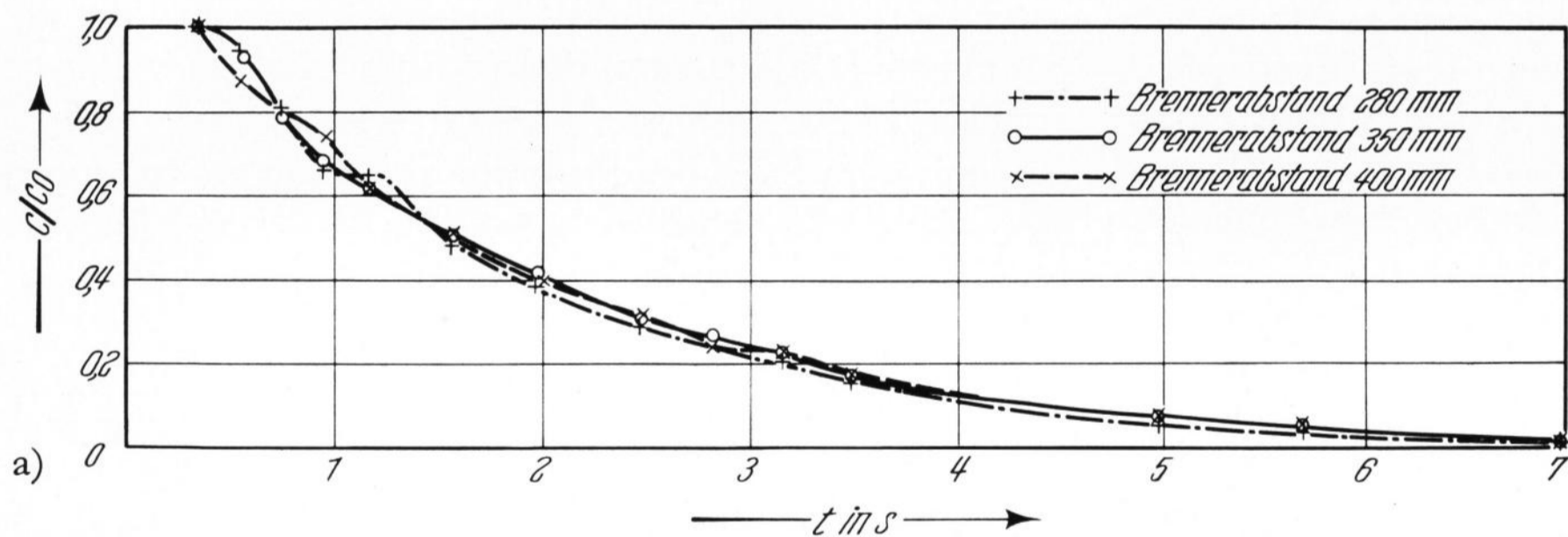


Bild 4. Gemessene mittlere Aufenthaltszeit.



Bilder 5 a bis c. Aufenthaltszeitsummenkurven,
 a) Impulsverhältnis 0,6,
 b) Impulsverhältnis 1,15,
 c) Impulsverhältnis 1,7.

3. Meßergebnisse

In dem Modell wurden die Summenkurven der Aufenthaltszeitverteilung für die Impulsverhältnisse 0,6, 1,15 und 1,7 und die Brennerabstände 280, 350 und 400 mm bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Form c/c_0 über t in den Bildern 5a bis c aufgetragen. Die aus den Kurven ermittelten Aufenthaltszeiten und die Verhältnisse von theoretischer zu gemessener Aufenthaltszeit sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die theoretische Aufenthaltszeit, d. h. das Verhältnis von Volumen des Ofenraumes zu Volumenstrom (Gleichung (2)), beträgt im vorliegenden Fall 1,99 s.

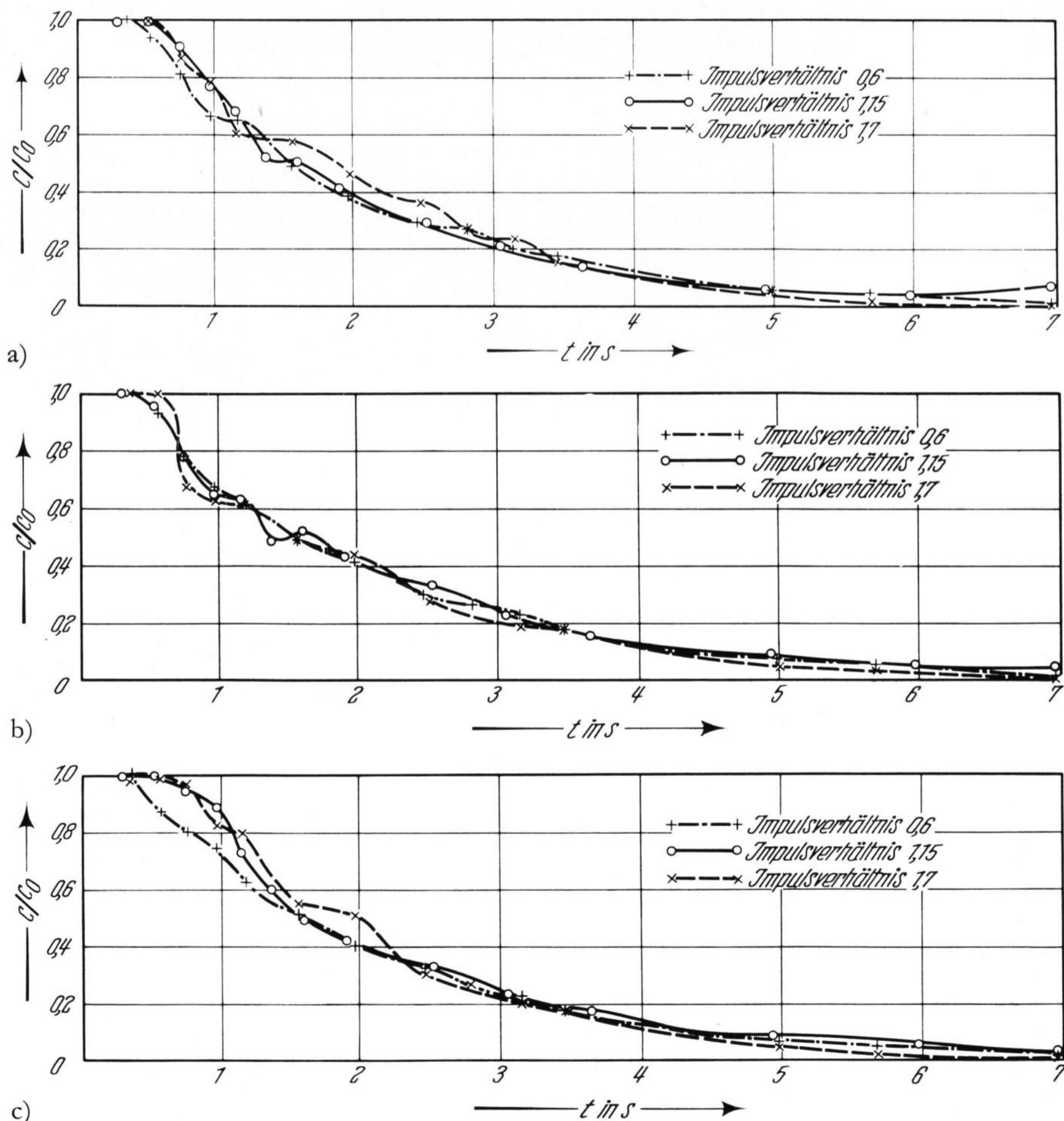
Man erkennt, daß das Verhältnis der theoretischen zur gemessenen Aufenthaltszeit im Mittel etwa eins beträgt. ZENKNER [3] ermittelte bei seinen Versuchen an dem Wassermodell einer querbeheizten Wanne Werte von

Tabelle 1. Aufenthaltszeiten

Impulsverhältnis	Brennerabstand in mm	Gemessene Aufenthaltszeiten \bar{t} in s	Verhältnis theoretische/ gemessene Aufenthaltszeit T/\bar{t}
0,6	280	1,92	1,04
0,6	350	2,02	0,99
0,6	400	1,99	1,01
1,15	280	1,97	1,02
1,15	350	1,98	1,01
1,15	400	2,14	0,93
1,7	280	2,08	0,96
1,7	350	1,91	1,05
1,7	400	2,11	0,95

etwa 1,6. Die Aufenthaltszeit der Rauchgase ist demnach in Glasschmelzwannen mit Umkehrflamme etwa doppelt so groß wie bei querbeheizten, entsprechend der etwa doppelten Weglänge, welche der Volumenstrom zurückzulegen hat. Dieses Ergebnis ist überraschend, da man wegen des großen Hauptwirbels eine wesentlich längere Aufenthaltszeit erwarten durfte. Demnach bestimmt wohl in erster Linie die Hauptströmung die Aufenthaltszeit, während der Einfluß des Rückstromvolumens geringer erscheint. Diese Ansicht wird durch die Beobachtung gestützt, daß sich die sehr unterschiedlichen Rückstromvolumina, welche in Teil II [2] besprochen wurden, in den Ergebnissen der Aufenthaltszeitmessung kaum bemerkbar machen.

Die Summenkurven der Aufenthaltszeitverteilung in den Bildern 5a bis c verlaufen zunächst einige Zeit konstant auf dem Wert 1, ehe nach dem Abstellen der Methanzufuhr der Konzentrationsabfall beginnt. In dem ersten Teil des Abfalls erkennt man deutlich Wendepunkte und Zwischenmaxima, welche auf zahlreiche Wirbel und Totwassergebiete hinweisen. Es ist einleuchtend, daß der exponentielle Abfall der Indikatorkonzentration in der Hauptströmung verlangsamt oder gar unterbrochen wird, wenn Indikatorsubstanz entweder durch turbulenten Stoffaustausch oder Diffusion aus Totwassergebieten bzw. Rückstromwirbeln in die Hauptströmung gelangt. Ferner erkennt man in Bild 5a, daß die Aufenthaltszeit bei dem Impulsverhältnis 0,6 wenig vom Brennerabstand beeinflußt wird, wogegen bei den Impulsverhältnissen 1,15 und 1,7 (Bilder 5b und c) der Konzentrationsabfall bei dem Brennerabstand



Bilder 6a bis c. Aufenthaltszeitsummenkurven,
 a) Brennerabstand 280 mm,
 b) Brennerabstand 350 mm,
 c) Brennerabstand 400 mm.

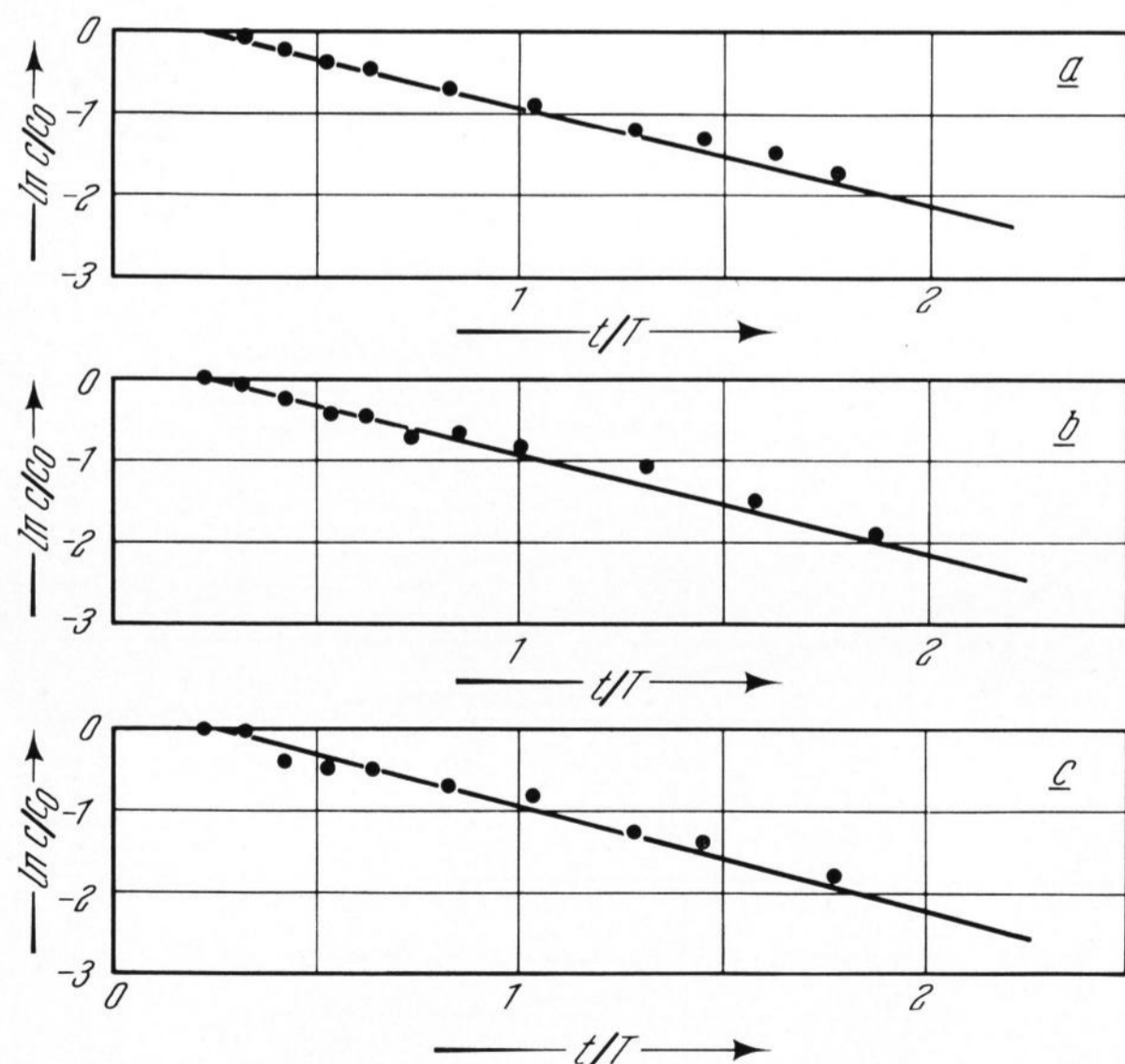
Tabelle 2. Anteile des homogenen und des Kolbenströmungsreaktors am Gesamtofenvolumen

Impulsverhältnis	Brennerabstand in mm	Anteile des homogenen und des Kolbenströmungsreaktors in %	
		homogenen	des Kolbenströmungsreaktors
0,6	350	80	20
1,15	350	77	23
1,7	350	73	27

350 mm zunächst am schnellsten und bei 400 mm am langsamsten vonstatten geht. Nach etwa 2 bis 3 s verlaufen die Kurven jedoch so nahe beieinander, daß kein eindeutiger Einfluß des Brennerabstands mehr feststellbar ist. Die zu diesem Zeitpunkt aus dem Modell austretenden Anteile der Markierungssubstanz dürften in erster Linie aus den Wirbel- und Totwassergebieten stammen, deren Größe nur wenig vom Brennerabstand beeinflusst wird.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Aufenthaltszeit vom Impulsverhältnis wurden die entsprechenden Kurven in den Bildern 6a bis c aufgetragen. Man erkennt, daß die Aufenthaltszeit bei einem Brennerabstand von 350 mm (entsprechend 2800 mm der Großausführung) wenig, bei 280 mm (2240 mm) und 400 mm (3200 mm) dagegen merklich von dem Impulsverhältnis beeinflusst wird. Weiterhin ist zu beachten, daß der Abfall der Indikatorkonzentration bei dem Impulsverhältnis 1,7 stets zuletzt einsetzt, wie es in Anbetracht der kleinen Geschwindigkeiten in der Hauptströmung zu erwarten war.

Ferner wurden die theoretischen Kurven nach Gleichung (6) bestimmt, die den Meßergebnissen bei einem Brennerabstand von 350 mm und den Impulsverhältnissen 0,6, 1,15 und 1,7 entsprechen. Wie Bild 7 zeigt, erhält man eine gute Übereinstimmung, wenn man bei dem Impulsverhältnis 0,6 für die Kolbenströmung



Bilder 7 a bis c. Vergleich der theoretischen Aufenthaltszeitsummenkurven mit Meßwerten,
 a) Impulsverhältnis 0,6, Brennerabstand 350 mm, Anteil des homogenen Reaktors $a = 0,8$,
 b) Impulsverhältnis 1,15, Brennerabstand 350 mm, Anteil des homogenen Reaktors $a = 0,77$,
 c) Impulsverhältnis 1,7, Brennerabstand 350 mm, Anteil des homogenen Reaktors $a = 0,73$.

einen Anteil von 20% und für den homogenen Reaktor einen solchen von 80% annimmt. Die entsprechenden Anteile beim Impulsverhältnis 1,15 betragen 23 bzw. 77% und beim Impulsverhältnis 1,7 27 bzw. 73%. Die geringfügigen Abweichungen der Meßwerte, vor allem im Endbereich der Kurven, dürften auf Meßunsicherheiten bei der Bestimmung kleiner Konzentrationswerte zurückzuführen sein. Die in Tabelle 2 zusammengefaßten Anteile von homogenem und Kolbenströmungsreaktor geben gleichzeitig einen Überblick über den Mischungszustand im gesamten Modellraum. Ein Anteil des homogenen Reaktors von 80% beim Impulsverhältnis 0,6 besagt, daß 80% des Modellraums keine Konzentrationsunterschiede aufweisen. Diese Anteile betragen bei den beiden kleineren Impulsen nur 77 bzw. 73%. Diese Ergebnisse bestätigen die Mischungsuntersuchungen in Teil II [2], welche zeigen, daß die Mischung um so schneller verläuft, je größer der Impuls ist. Während aber diese Untersuchungen Informationen über den örtlichen Mischungszustand liefern, gibt die Aufenthaltszeitmessung einen Gesamtüberblick.

Die Summenkurve der Aufenthaltszeitverteilung kann für Öfen mit Umkehrflamme nach einem Iterationsverfahren bestimmt werden. Hierfür steht zunächst die Näherungsgleichung (6) von BARTOK, HEATH und WEISS [7] zur Verfügung. Die theoretische mittlere Aufenthaltszeit T kann aus der Beziehung $T = v/\dot{V}$ berechnet werden. Ferner ergibt sich aus den Messungen des Verfassers, daß bei Schmelzwannen mit Umkehrflamme das Verhältnis von theoretischer zu gemessener mittlerer Aufenthaltszeit T/\bar{t} stets etwa gleich 1 ist. Da T berechnet werden kann, ist demnach auch \bar{t} bekannt. Die Konstante a in der Gleichung für die Summenkurve, welche den Anteil des homogenen am Gesamtreaktor angibt, kann an Hand der vorliegenden Meßergebnisse abgeschätzt werden. Sie dürfte in den meisten Fällen zwischen 0,73 und 0,8 liegen. Man berechnet dann die mittlere Aufenthaltszeit \bar{t} aus der Funktion mit dem geschätzten Wert a . Ist dieses \bar{t} größer als das oben errechnete, so muß die Konstante a verkleinert bzw. bei zu kleinem \bar{t} vergrößert werden. Man muß dieses Iterationsverfahren so lange wiederholen, bis das aus der Beziehung $T/\bar{t} = 1$ bestimmte mit dem aus der Funktion von BARTOK, HEATH und WEISS (Gleichung (6)) errechneten \bar{t} übereinstimmt. Aus der auf diese Weise gewonnenen Summenkurve kann dann durch Differentiation die Verteilungskurve berechnet werden.

4. Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung diente dem Ziel, die Aufenthaltszeit im Modell einer Glasschmelzwanne mit Umkehrflamme in Abhängigkeit von dynamischen und geometrischen Größen zu ermitteln. Genaue Werte waren bisher nur von dem Modell einer querbeheizten Wanne bekannt. Die Meßergebnisse zeigen, daß die Aufenthaltszeiten in querbeheizten Wannen wesentlich niedriger liegen als in solchen mit Umkehrflammen. Weiterhin gelang es, mit Hilfe eines Gedankenmodells für die Meßergebnisse Näherungskurven zu entwickeln, welche es ermöglichen, die Aufenthaltszeitverteilung in Berechnungen einzubeziehen.

Alle drei Teile der Veröffentlichungsreihe zusammenfassend, kann man feststellen, daß in der vorliegenden Arbeit aufgezeigt wurde, inwieweit Beobachtungen und Berechnungen von Freistrahlen und eingeschlossenen

Strahlen auch für Umkehrstrahlen gelten. Die Einflüsse der speziellen Parameter, Brennerabstand und Umlenkvorgang, wurden eingehend untersucht und in Diagrammen festgehalten, welche es gestatten, die Abweichungen der Umkehrflammen von obigen Berechnungen in guter Näherung zu bestimmen. Es muß allerdings betont werden, daß die vorliegenden Ergebnisse exakt nur für das untersuchte Glaswannenmodell gelten. Den Einfluß völlig anderer geometrischer Formen zu bestimmen, bleibt zukünftigen Arbeiten vorbehalten.

Der Autor dankt der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF), Köln, und dem Bundeswirtschaftsministerium, Bonn, für die Förderung der Arbeit durch eine Sachbeihilfe.

5. Formelzeichen

- a = homogener Anteil am Gesamtreaktor
 c = Volumenkonzentration
 S = Länge eines Reaktionsraums
 T = theoretische mittlere Aufenthaltszeit
 t = Zeit, Aufenthaltszeit
 \bar{t} = gemessene mittlere Aufenthaltszeit
 u = Geschwindigkeit
 v = Reaktorvolumen
 \dot{V} = Volumenstrom

Index

- 0 = Düsenebene, Anfangswert

6. Literatur

- [1] BRÜNING, R.: Modelluntersuchungen an U-Flammenwannen, Teil I: Strömungsverlauf und Stabilität. Glastechn. Ber. 41 (1968) H. 7, S. 277–283.
 [2] BRÜNING, R.: Modelluntersuchungen an U-Flammenwannen, Teil II: Geschwindigkeitsverteilungen und Mischungsverlauf. Glastechn. Ber. 41 (1968) H. 8, S. 326 bis 334.
 [3] ZENKNER, K.: Verweilzeiten der Brenngase im Feuerraum einer Glasschmelzwanne. Diss. TH Karlsruhe 1966.
 [4] BEÉR, J. M. und LEE, K. B.: The effect of the residence time distribution on the performance and efficiency of combustors. In: Tenth Symposium on Combustion, Baltimore 1964, S. 1187–1199.
 [5] DAMKÖHLER, G.: In EUCKEN-JAKOB: Der Chemie-Ingenieur. Band III/1. Leipzig: Akad. Verlagsges. 1937.
 [6] DANKWERTS, P. V.: Continuous flow systems. Distribution of residence times. Z. chem. Eng. Sci. 2 (1953) S. 1–13.
 [7] BARTOK, W., HEATH, C. H. und WEISS, M. A.: Mixing in a jet-stirred reactor. A. J. Ch. E. Journal 6 (1960) S. 685 bis 692. (477914)

Referate

1a. Physik

DK 531.756:536.413

Messung der Dichte und des räumlichen Ausdehnungskoeffizienten von Gläsern bei hohen Temperaturen (Měření hustoty a koeficientů objemové roztažnosti skel za vysokých teplot). LASISLAV ŠAŠEK. — Silikáty 12 (1968) Nr. 1, S. 53–58. 8 Lit.

Es werden eine Methode und ein Gerät zur Messung der Dichte von Gläsern im geschmolzenen Zustand beschrieben. Die Messung beruht auf der zweifachen Wägung einer Pt-Kugel an der Luft und in der Schmelze. Auf diese Weise kann die Dichte von Schmelzen einer Viskosität von $\eta < 10^{3,5}$ P in einem Temperaturbereich von 1100 bis 1400 °C bei Behälterglas, Flachgläsern oder Gläsern für Fernröhren gemessen werden. Aus den für verschiedene Temperaturen ermittelten Dichtewerten kann nun der räumliche Ausdehnungskoeffizient genau bestimmt werden. Beide Werte sind z. B. für die Einhaltung der Ähnlichkeit bei Modellversuchen von Glasschmelzwannenöfen von Wichtigkeit.

H. GOERK (48128/1a)

DK 531.754:666.189.42

Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Glasparkeln mit Hilfe einer Dichtegradientenmethode. (Orig. engl.) S. S. KIND und L. SUMMERSCALES. — Analyst 91 (1966) S. 669–670.

In einem zu 85% aus CHBr_3 und 15% aus Benzylalkohol bestehenden Flüssigkeitsgemisch, das sich in einem von oben erwähnten zylindrischen Gefäß befindet, stellt sich ein Dichtegradient ein. Durch Einbringen von Glasparkeln in das Gefäß kann deren spezifisches Gewicht festgestellt werden. (*48088/1a)

DK 666.124.2:666.1.031.14:535.618

Das Problem der Farbkörperverteilung (The dispersed pigment problem). VERNON G. AMMONS. — In: O. Verf.: Research into glass. Pittsburgh: Glass Research Center PPG Industries 1967. S. 168–176. 63 Lit. (Veröffentlicht in: Ind. and Engng. Chem. 55 (1963) Nr. 4, S. 40–47.)

Das Problem bei der Zugabe von Farbkörpern zu bestimmten Stoffen liegt in der größtmöglichen Feinverteilung, die sich nur durch vollständiges Auflösen des Farbkörpers in seine ursprünglichen Bestandteile und durch restlosen Entzug von Wasser, Luft und anderen Verunreinigungen von der Oberfläche dieser Teilchen erreichen läßt. Aus der Unter-

suchung der Teilchengröße und ihrer Form lassen sich weitere Voraussagen über das zu erwartende Verhalten und die Eigenschaften der Farbkörper machen. Nach grundlegenden Bemerkungen über die Dynamik der Farbkörperverteilung geht der Verfasser auf eigens zur Lösung des Problems konstruierte Apparate ein. (47786/1a)

DK 535-31:53.043:531.252.3:666.112.9:546.27:535.683
541.14:539.213.1

Betrachtungen über den Mechanismus des Spannungsaufbaues in Glas durch UV-Bestrahlung (Considerations on the mechanism of stress build-up in glass by ultraviolet irradiation). (Orig. jap. m. engl. Zsfssg.) KAZUO OOKA und TORU KISHII. — J. ceram. Assoc. Jap. 76 (1968) Nr. 1 (869), S. 4–9. 13 Lit.

KISHII und Mitarbeiter¹⁾ entdeckten 1964, daß sich durch UV-Bestrahlung alkalihaltigen Gläsern Spannungen in ausbilden, die auf einer Dichtezunahme des Glases beruhen und bereits bei geringer Temperatursteigerung relaxieren. In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch gemacht, die Vorgänge speziell für Alkaliboratgläser auf Grund ihrer Struktureigenschaften und ihres Bindungscharakters zu deuten. Die hypothetischen Phasen der Elektronenkonfiguration, der Ladungswanderung und Strukturänderung im Netzwerk durch die modifizierten B-O-Bindungen während der Anregung und Ionisation werden schematisch erläutert. Eine ausschlaggebende Rolle spielen dabei neben dem Koordinationswechsel der Borionen die verhältnismäßig lose Packung des Netzwerks und der nicht-brückenbildende Sauerstoff. Die angenommenen Prozesse sind mit den experimentellen Beobachtungen verträglich und lassen Vergleiche mit analogen Vorgängen in der Fotochemie organischer Verbindungen zu.

H. SCHRÖDER (47616/1a)

¹⁾ KISHII, T., OMORI, T. und OOKA, K.: Durch ultraviolette Bestrahlung verursachte Spannungen im Glas. J. ceram. Assoc. Jap. 72 (1964) S. 193–197.

DK 535-31:53.043:531.252.3:666.112.9:546.27
535.683:620.171.5:539.213.1

Wirkungen geringer Zusätze auf den Spannungsaufbau in einem Natriumboratglas durch UV-Bestrahlung (Effects of minor additions on the stress build-up in a sodium borate glass by ultra-violet irradiation). KAZUO OOKA, TOMOYOSHI SAITO und TORU KISHII. — J. ceram. Assoc. Jap. 76 (1968) Nr. 1 (869), S. 25–27. 3 Lit.

In ein Grundglas mit 20 (Mol-%) Na_2O und 80 B_2O_3 werden jeweils 0,1 bzw. 3% einer Metallverbindung R_mO_n oder Na_pX mit eingeschmolzen, wobei für R fast sämtliche Metalle des periodischen Systems eingesetzt werden. Die er-