

# AGF

BERICHTE

## ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

Entwicklung eines Verfahrens zur  
Schnellprüfung von Schaummitteln und  
Schaumerzeugern im Einsatzdienst der Feuerwehren

- Kurzfassung -

1

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LANDESDIENSTSTELLEN  
FÜR FEUERSCHUTZ IN DEN BUNDESLÄNDERN (AGF)

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

AGF

Forschungsbericht Nr. 1

"Entwicklung eines Verfahrens zur Schnellprüfung von  
Schaummitteln und Schaumerzeugern im Einsatzdienst  
der Feuerwehren"

von

Dipl.-Ing. R. John

Forschungsstelle für Brandschutztechnik  
an der Universität Karlsruhe (TH)

50 Seiten mit 33 Bildern und 11 Literaturstellen

Auszugsweise Wiedergabe von Dipl.-Ing. R. John

Forschungsstelle für Brandschutztechnik  
an der Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe

November 1967

FA.Nr.25 (2/66)

## EINLEITUNG

Die Löschwirkung eines Schaumes ergibt sich durch das gleichzeitige Auftreten eines Kühl- und eines Stickeffektes. Von der Art des brennenden Stoffes hängt es ab, welcher Effekt auf den Löschvorgang den größeren Einfluß ausübt [1] .

Die Kühlwirkung des Schaumes beruht darauf, daß bei seinem langsamen Zerfall das aus ihm austretende Wasser die Temperatur der darunterliegenden Schicht senkt. Liegt die Temperatur dieser Zone über  $100^{\circ}\text{C}$ , so wird dem Brennstoff zusätzlich die Verdampfungswärme des Wassers entzogen. Der Stickeffekt kommt dadurch zustande, daß infolge der sich über der Brandoberfläche ausbreitenden Schaumdecke einerseits der Zutritt des Luftsauerstoffs zum Brandherd verhindert und andererseits die brennende Dampfphase von der flüssigen bzw. festen Brennstoffphase getrennt wird.

Nach Brunswig [2] kann die Schaumgüte weitgehend durch folgende vier Kenngrößen gekennzeichnet werden:

1. das spezifische Schaumgewicht bzw. die Verschäumungszahl
2. die Schaumstabilität
3. die Schaumfließfähigkeit
4. der Abbrandwiderstand.

Die Kenngrößen 1 und 2 bestimmen hauptsächlich den Kühleffekt, während 3 und 4 vorwiegend den Stickeffekt erfassen.

Um die Löschwirksamkeit verschiedener Schäume untereinander vergleichen zu können, müssen also diese vier Kenngrößen bekannt sein. Zur Ermittlung dieser Größen sind sehr unterschiedliche Methoden angewendet worden. Schon bei der Schaumentnahme für die Probe gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Bei all den bisher bekanntgewordenen Methoden wurden verschiedene Meßgeräte mit unterschiedlichen Probemengen verwendet. Angaben über den günstigsten Schaum können deshalb nicht unbedenklich miteinander verglichen werden.

## AUFGABENSTELLUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, für den Einsatzdienst der Feuerwehren einfache Untersuchungsmethoden zu entwickeln, mit denen die Brauchbarkeit von Schaummitteln, z.B. nach langer Lagerung, Frosteinwirkung, bei vermuteter Verdickung oder Verdünnung, überprüft werden kann. Ebenso sind Verfahren notwendig, um die Leistung von Schaumerzeugern (Schaummenge, Verschäumungszahl usw.) festzustellen.

Veränderungen der Schaummittelqualität sind durch einen Vergleich der Schaummittelkennzahlen, die vor und nach der Lagerung ermittelt werden, feststellbar.

Die von Brunswig entwickelten Meßverfahren zur Bestimmung der oben-erwähnten Schaumkenngrößen [3] werden heute allgemein zur Untersuchung von Luftschäumen herangezogen, ohne daß ihre Entwicklung soweit abgeschlossen ist, daß sie eindeutige Aussagen über den Schaum und seine Löschwirksamkeit zulassen. Dies ist vor allen Dingen darauf zurückzuführen, daß die Untersuchungen in der Regel an labormäßig erzeugten Schäumen durchgeführt werden, deren Eigenschaften aber nicht immer mit den betriebsmäßig hergestellten Schäumen übereinstimmen. Dies ist eine Folge davon, daß Aussehen und Güte eines Schaumes außerordentlich stark von der Art der Herstellung, d.h. sowohl von der Konstruktion und Größe der benutzten Verschäumungsapparatur als auch von den Arbeitsbedingungen abhängen, unter denen der Schaum entsteht.

Um diese Fragen zu klären, sollten daher die vier Schaumkenngrößen an Schaumproben sowohl von betriebs- als auch labormäßig erzeugten Schäumen ermittelt und die gemessenen Werte miteinander verglichen werden.

Für die Ermittlung der Verschäumungszahl, der Schaumstabilität und der Fließfähigkeit wurden Meßrichtungen vorgesehen, die sich weitgehend an die bewährten, von Brunswig entwickelten Meßverfahren anlehnen.

Vor einer eingehenden Untersuchung der Schaumerzeuger wurden zunächst in dieser Arbeit die Einflüsse der Probenentnahme und der geometrischen Abmessungen der Probenbehälter auf die Schaumkennzahlen untersucht [4]. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit von Schaumerzeugern wird auf die sehr ausführlichen Untersuchungen von Wilke [5] verwiesen, der verschiedene Typen von Schaumrohren mit einer Durchflußleistung von 200 l/min untersucht hat.

#### VERSUCHSEINRICHTUNG

Der labormäßig erzeugte Schaum wurde mit einem handelsüblichen Laborschaumrohr hergestellt, das eine Nennleistung von ca. 20 l Schaumlösung/min hatte. Die vorgemischte Lösung wurde einem Druckbehälter mittels Preßluft entnommen. Der Druck vor dem Schaumrohr konnte auf  $\pm 0,05$  atü genau eingestellt werden. Im Durchschnitt betrug die Temperatur der Lösung vor dem Schaumrohr  $19^{\circ}\text{C}$ .

Aus räumlichen und betriebsbedingten Gründen wurden die Versuche mit betriebsmäßig erzeugtem Schaum bei der Berufsfeuerwehr der Stadt Mannheim durchgeführt. <sup>1)</sup> Verwendet wurde zur Schaumerzeugung ein handelsübliches Schaumrohr mit einer Nennleistung von 200 l Schaumlösung pro min. Auch hier hat man mit einer vorgemischten Lösung gearbeitet, die in einem Tankwagen angesetzt wurde. Mit einer TS 8 wurde durch Drehzahl- und Drosselregelung der erforderliche Druck eingestellt. Die erzielte Genauigkeit für den Druck betrug  $\pm 0,2$  atü. Als mittlere Wassertemperatur ergab sich ein Wert von  $18^{\circ}\text{C}$ .

Die Schaumentnahme hat einen entscheidenden Einfluß auf die zu messenden Schaumkenngrößen. Wie bei den Versuchen von Brunswig [3] wurde auch hier der Schaum unmittelbar am Schaumrohraustritt durch eine Sonde entnommen. Um eine möglichst schnelle und gleichmäßige Füllung mehrerer Behälter nacheinander zu gewährleisten, wurde die in Bild 1 gezeigte Entnahmevorrichtung entwickelt.

---

<sup>1)</sup> Für die bereitwillige Unterstützung bei diesen Schaumuntersuchungen sei der Berufsfeuerwehr der Stadt Mannheim gedankt.

Der Eintrittsquerschnitt der Sonde wurde so gewählt, daß bei 5 atü Druck ca. 100 l Schaum pro min entnommen werden. Aufgrund von vorangegangenen Versuchen wurde der Querschnitt so erweitert, daß die Geschwindigkeitsumsetzung im Rohr den erforderlichen Druck zum Überwinden der Reibungswiderstände aufbringt. Durch diese Maßnahme wurde ein Stau vor der Sondenöffnung vermieden. Beim Laborschaumrohr wurde die gesamte erzeugte Schaummenge zur Prüfung herangezogen.

#### VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Verschäumungszahl S ergibt sich aus dem Verhältnis von erzeugtem Schaumvolumen zu der hierfür aufgewendeten Schaummittellösung.

$$S = \frac{\text{Schaumvol.}}{\text{Lösungsvol.}} \quad \left[ \frac{l}{l} \right]$$

Die Bestimmung von S wurde gravimetrisch durchgeführt.

Das Schaumvolumen ist festgelegt durch die Abmessungen des Probenbehälters. Das Volumen des Schaummittels kann aus dem Schaumgewicht ermittelt werden, wenn die Dichte der Schaummittellösung bekannt ist. Bei einer Konzentratdichte von 1,18 kg/l erhält man für die Schaummittellösung mit 5 % Zumischung eine Dichte von  $\rho_L = 1,009$  kg/l. Wird der Fehler von weniger als 1 % vernachlässigt, so kann für die Dichte der Lösung  $\rho_L = 1$  kg/l gesetzt werden. Die im Schaum gebundene Luft geht nur dann in das Gewicht des Schaumes mit ein, wenn sich ihre Dichte von der Dichte der Umgebungsluft unterscheidet. Die hierdurch hervorgerufenen Abweichungen sind jedoch in jedem Falle unbedeutend. Es kann also mit  $\rho_L = 1$  kg/l für die Schaummittellösung gerechnet werden. Die Schaummittellösung wird im Folgenden auch kurz als Wasser bezeichnet.

Als Kenngröße für die Schaumstabilität wird in den meisten Fällen die Wasserhalbwertszeit angegeben, d.h. die Zeit in der gerade 50 % der zur Herstellung des Schaumes benötigten Lösung (Wasser und Schaummittel) ausgefallen sind.

Bestimmt werden kann dieser Wert so, daß man die Menge des sich

unten im Probebehälter abgesetzten Wassers in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt und daraus dann den 50 %-Wert rechnerisch oder graphisch bestimmt. Dieses Verfahren ist aber besonders bei großen Behälterdurchmessern und kleinen Schaumhöhen sehr ungenau. Zu besseren Ergebnissen kommt man, wenn die ausgefallene Flüssigkeit in einem Meßzylinder aufgefangen wird. Versuche mit engen Meßbehältern haben gezeigt, daß der Verlauf des Wasserausfalles nicht verändert wird, wenn das aus dem Schaum ausgefallene Wasser abgelassen wird.

Um ein einwandfreies Ablassen der ausgefallenen Lösung zu erreichen, und um Verluste der Lösung vor dem Meßvorgang zu vermeiden, wurde ein Ablassventil mit angeschraubtem Filter aus gesinderten Rotgußkugeln in jeden Behälter eingebaut.

Zur Bestimmung der Fließfähigkeit wird eine auf den Versuchen von Brunswig [3] beruhende Anordnung verwendet. Als Kenngröße für die Fließfähigkeit wird die Fläche genommen, die ein aus einem Behälter von 144 mm lichtigem Durchmesser und 450 mm Höhe auslaufende Schaummenge auf einer ebenen, glatten Unterlage einnimmt.

Hauptbestandteil der Versuchseinrichtung ist eine runde Plexiglasplatte mit einem Durchmesser von 1,2 m. Zur besseren Auswertung ist diese Platte auf der unteren Seite durch eingeritzte konzentrische Kreise in Ringflächen von je  $0,1 \text{ m}^2$  eingeteilt. Der auf seine Fließfähigkeit zu untersuchende Schaum wird in einen Behälter abgefüllt, dessen Boden von der Hülse abgezogen werden kann.

Zu einer bestimmten Zeit nach Beginn der Füllung, die bei diesen Versuchen jeweils auf 1 min festgesetzt wurde, wird die Hülse gleichmäßig bis zum Anschlag hochgezogen, so daß sich der Schaum frei auf der völlig glatten, trockenen Platte ausbreiten kann.

Bild 2 zeigt zwei mit einer Sofort-Bildkamera aufgenommene Schaumkuchen verschiedener Fließfähigkeit.

Zur Bestimmung der Abbrandfestigkeit eines Schaumes wurden im Rahmen dieser Untersuchungen verschiedene Methoden ausprobiert, die jedoch noch zu keiner eindeutigen Kennzahl führten.

## VERSUCHSAUSWERTUNG

Die Versuche mit den Behältern mit einer Höhe von 320 mm und verschiedenen Durchmessern wurden durchgeführt, um einen evtl. vorhandenen Einfluß des Behälterdurchmessers auf die Verschäumungszahl und die Wasserhalbwertszeit zu überprüfen. Aus den Versuchsergebnissen geht hervor, daß eine Abnahme der Verschäumungszahl mit zunehmendem Behälterdurchmesser erfolgt. Im gleichen Maße steigt die Wasserhalbwertszeit  $T_h$  mit wachsendem Durchmesser an. Diese Veränderungen sind auf den Wandeinfluß der Meßbehälter zurückzuführen. Hinsichtlich der Verschäumungszahl  $S$  bedeutet die Wandhaftung des Schaumes eine Auflockerung, da der Schaum sich in Wandnähe nicht so absetzt, wie es seiner Festigkeit und seinem Gewicht entspricht. Mit steigendem Durchmesser läßt der Einfluß der Randzone auf die gesamte Schaummenge nach.

Bei kleinen Behälterdurchmessern bewirkt die an der Wand leichter ablaufende Flüssigkeit, die zwischen den Blasen eingelagert ist, eine Verkürzung der Wasserhalbwertszeit. Auch hier wird dieser Wandeinfluß bei großen Durchmessern unbedeutend.

Wird bei einem konstantem lichten Behälterdurchmesser von 449 mm die Behälterhöhe (Schaumschichtdicke) verändert, so ergibt sich der in Bild 3 gezeigte Verlauf der Verschäumungszahl  $S$  und der Wasserhalbwertszeit  $T_h$  über der Behälterhöhe. Der Einfluß auf die Verschäumungszahl ist hierbei gering. Einen wesentlichen Einfluß hat jedoch die Schichthöhe auf die Wasserhalbwertszeit. Bei sehr kleinen Schaumhöhen wird, wie dies Bild 3 zeigt, die Wasserhalbwertszeit überhaupt nicht erreicht. Mit steigender Behälterhöhe nimmt die Wasserhalbwertszeit zunächst ab, um dann wieder anzusteigen. Das Minimum der Halbwertszeit liegt bei ca. 90 mm Schaumhöhe.

Ferner wurde die Abhängigkeit der Verschäumungszahl und der Wasserhalbwertszeit vom Druck vor dem Schaumrohr bei Betriebsschäumen untersucht und mit denjenigen bei Laborschäumen verglichen. Abweichend von den untersuchten Betriebsschäumen ergab sich dabei für den Laborschäum bei 3 % Zumischung eine höhere Verschäumungs-



zahl als bei 5 % Zumischung. Diese Tatsache wurde durch mehrere Wiederholungsmessungen bestätigt.

Die Abhängigkeit der Ausbreitungsfläche des Schaumes vom Druck vor dem Schaumrohr ist in Bild 4 für verschiedene Schäume dargestellt.

Die Fließfähigkeit eines Schaumes, der aus einer 14 Stunden vor der Verarbeitung angesetzten 3 %igen Lösung erzeugt wurde, unterschied sich sehr von denjenigen Schäumen, die aus einer frisch angesetzten Lösung hergestellt wurden. Infolge der langen Standzeit der Lösung hatte der Schaum seine stabilisierende Eigenschaft so weitgehend verloren, daß er auf der Plexiglasplatte keinen Kuchen bildete und von der Platte floß. Diesem Meßergebnis sollte also in Bezug auf die stabilisierenden Eigenschaften des Schaumes besondere Beachtung geschenkt werden.

#### REPRODUZIERBARKEIT DER MESSERGEBNISSE

Bei der Bestimmung der Verschäumungszahl  $S$  von Betriebsschaum wurden anhand von Wiederholungsmessungen Differenzen zwischen den einzelnen Werten von maximal 0,2 festgestellt; im Durchschnitt lagen diese allerdings nur bei  $\pm 0,1$ . Dies entspricht bei einer Verschäumungszahl von ca. 6,5 einem prozentualen Fehler von maximal 3 % und im Durchschnitt von  $\pm 1,5$  %.

Für den Laborschaum ergaben sich ähnliche Durchschnittswerte. Die größten Differenzen lagen hier bei 0,15.

Bei der Ermittlung der Wasserhalbwegszeit ergaben sich anhand von Wiederholungsversuchen für einzelne Messungen sowohl bei Betriebs- als auch bei Laborschäumen je nach Größe der Wasserhalbwegszeiten Streuungen der Meßwerte von 1,7 bis 3 min.

Bildet man aus mehreren Einzelmessungen einen Mittelwert, so betragen die Abweichungen von diesen Werten:

Bei  $T_{h_{\text{mittel}}} = 14 \text{ min}$ :  $T_p \pm 1 \text{ min}$ ; das entspricht  $\pm 7$  %.

Bei  $T_{h_{\text{mittel}}} = 18,6 \text{ min}$ :  $T_h \pm 1,5 \text{ min}$ ; das entspricht  $\pm 8$  %.

Die Ergebnisse der Messungen der Fließfähigkeit streuten in dem hier vorliegenden Fall, bei dem die Hülse nicht mechanisch abgezogen wurde, in folgenden Grenzen:

Bei  $F = 0,29 \text{ m}^2$ :  $\pm 0,022 \text{ m}^2$ ; dies entspricht  $\pm 7,5 \%$ .

Bei  $F = 0,466 \text{ m}^2$ :  $\pm 0,031 \text{ m}^2$ ; dies entspricht  $\pm 6,7 \%$ .

#### ZUSAMMENFASSUNG

Zur Charakterisierung eines Schaumes sind die folgenden Kennzahlen ausreichend:

1. das spezifische Schaumgewicht bzw. die Verschäumungszahl
2. die Schaumstabilität
3. die Schaumfließfähigkeit
4. der Abbrandwiderstand.

Die Werte dieser Kennzahlen werden stark von der Art der Probenentnahme beeinflusst.

Es wurde daher eine Entnahmevorrichtung entwickelt, mit der es, wie die geringe Streuung der Verschäumungszahlen zeigt, möglich ist, reproduzierbare Proben aus einem Schaumstrahl zu entnehmen. Es konnte weiter anhand der Meßergebnisse gezeigt werden, von welchem großem Einfluß außerdem die Behälterabmessungen sind. Aufgrund dieser Meßergebnisse läßt sich feststellen, daß, um die Einflüsse der Behälterabmessungen auf die Verschäumungszahl und die Wasserhalbwertszeit möglichst klein zu halten, ein Behälter mit einem lichten Durchmesser von ca. 400 mm und einer Höhe von mindestens 200 mm vorgesehen werden sollte. Für reine Vergleichsmessungen zur Feststellung einer evtl. Veränderung des Schaumkonzentrates genügt es aber, sich auf eine einheitliche Behältergröße festzulegen. Als sehr handliche Behältergrößen empfehlen sich 5 l-Behälter mit 144 mm lichtigem Durchmesser und 307 mm Höhe, die bei der Bestimmung des Schaumgewichtes durch Differenzbildung einen Fehler von weniger als  $\pm 1 \%$  ergeben. Die bei der Bestimmung

der Wasserhalbwertszeit bisher noch auftretenden starken Streuungen müßten in anschließenden Versuchsreihen weiter untersucht werden.

Der Vergleich zwischen Betriebs- und Laborschäum hat gezeigt, daß zwischen den entsprechenden Werten sehr große Unterschiede bestehen. Sollen nur Veränderungen von Schaummitteln infolge langer Lagerung oder dgl. festgestellt werden, genügt es, ein Laborschäumrohr zu verwenden. Bei allen Überprüfungen solcher eingelagerten Schaummittel muß allerdings immer das gleiche Schaumrohr verwendet werden, das auch bei den ersten Messungen des frisch eingelagerten Schaummittels benutzt wurde. Der Vorteil von Laborschäumrohren liegt hauptsächlich darin begründet, daß zur Messung der Kenngrößen wesentlich kleinere Schaummittelmengen benötigt werden.

Zur vollständigen Charakterisierung von Schaum ist noch ein Maß für die Abbrandfestigkeit anzugeben. Die bisher durchgeführten Versuche haben zwar erste Aufschlüsse geliefert, ein endgültiges Ergebnis konnte aber noch nicht erzielt werden.

Im Rahmen zukünftiger Untersuchungen sollte nach Festlegung eines einheitlichen Prüfbehälters die Beeinflussung der Meßwerte durch die Umweltbedingungen untersucht werden.

Von allen frisch eingelagerten Schaummitteln sollten die Kennzahlen aufgestellt werden, um so eine Kontrolle für eine im Laufe der Zeit evtl. auftretende Veränderung zu haben.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Scheichl, L.:  
Brandlehre und chemischen Brandschutz. 2. Auflage.  
Heidelberg: Dr. Alfred Huthig Verlag 1958. S. 339-393.
- [2] Brunswig, H.:  
Neuere Erfahrungen bei der Bekämpfung von Mineral-  
ölbränden.  
Erdöl und Kohle, 2 (1949), Nr. 5, S. 193-199.
- [3] Brunswig, H.:  
Prüfung von Luftschaum und Luftschaumerzeugern.  
Feuerschutztechnik, 3 (1942), S. 1-10.
- [4] Brunswig, H.:  
75 Jahre Schaum; 25 Jahre Luftschaum.  
VFDB-Zeitschrift, 1 (1952), Nr. 2, S.72-81.
- [5] Wilke, K.:  
Untersuchungen an Luftschaumstrahlrohren mit  
einer Durchflußleistung von etwa 200 l/min zur  
Bestimmung von Leistungskenngrößen.  
Brandreferendar-Abschnittsarbeit Nr. 3, Okt. 1962.

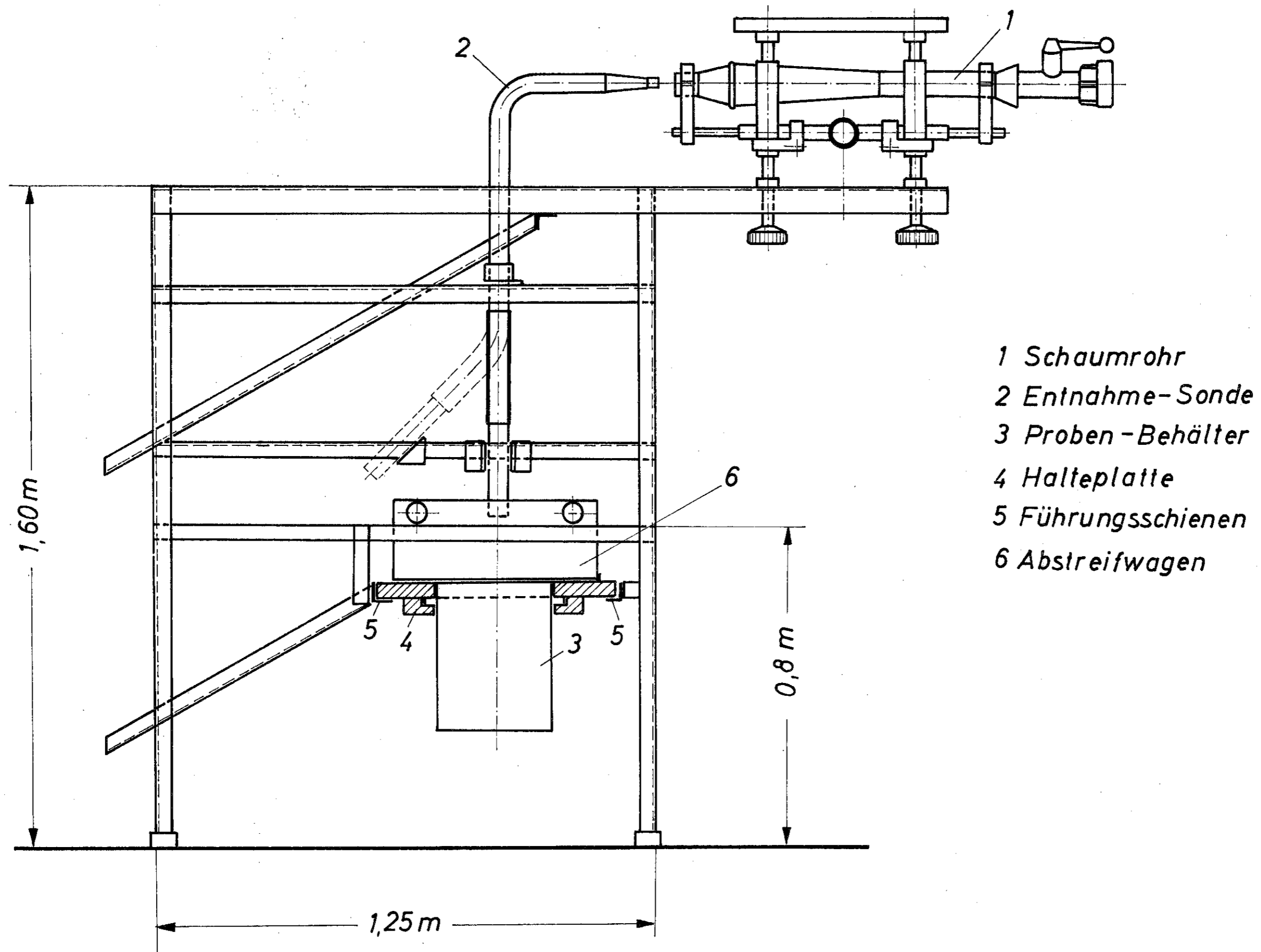
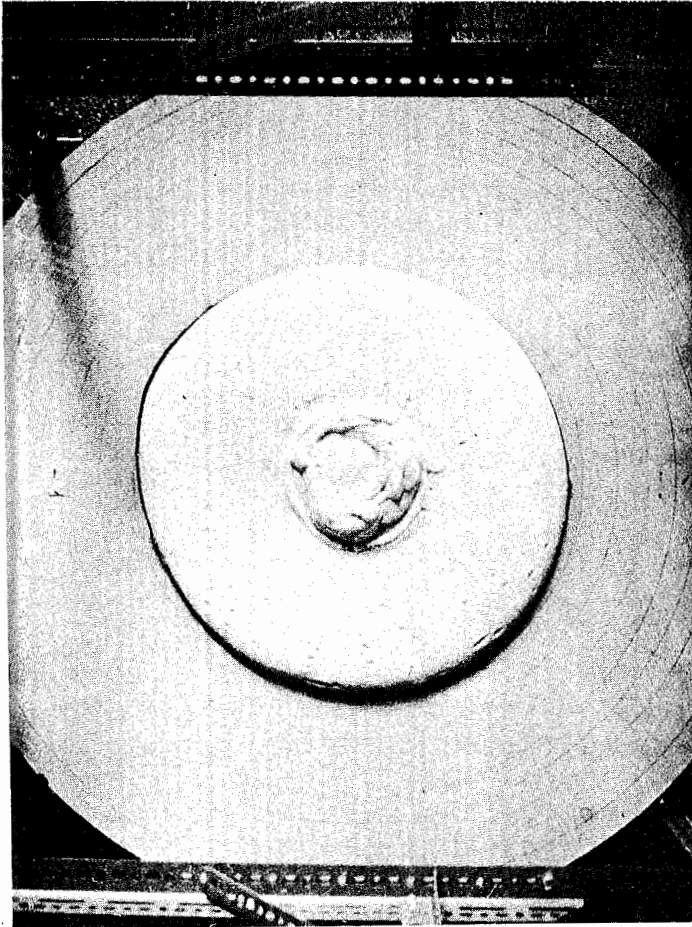
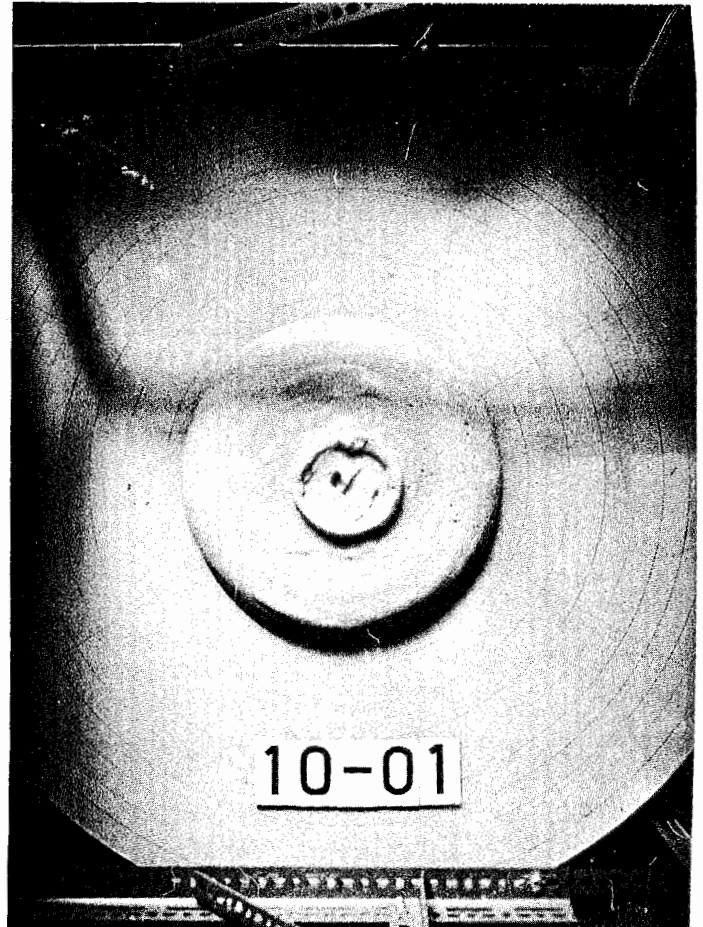


Bild 1. Entnahmevorrichtung für Schaum



a

normale Steifigkeit  
 $F = 0,24 \text{ m}^2$



b

große Steifigkeit  
 $F = 0,15 \text{ m}^2$

Bild 2 : Schaumkuchen 1 min nach Abziehen der Hülse

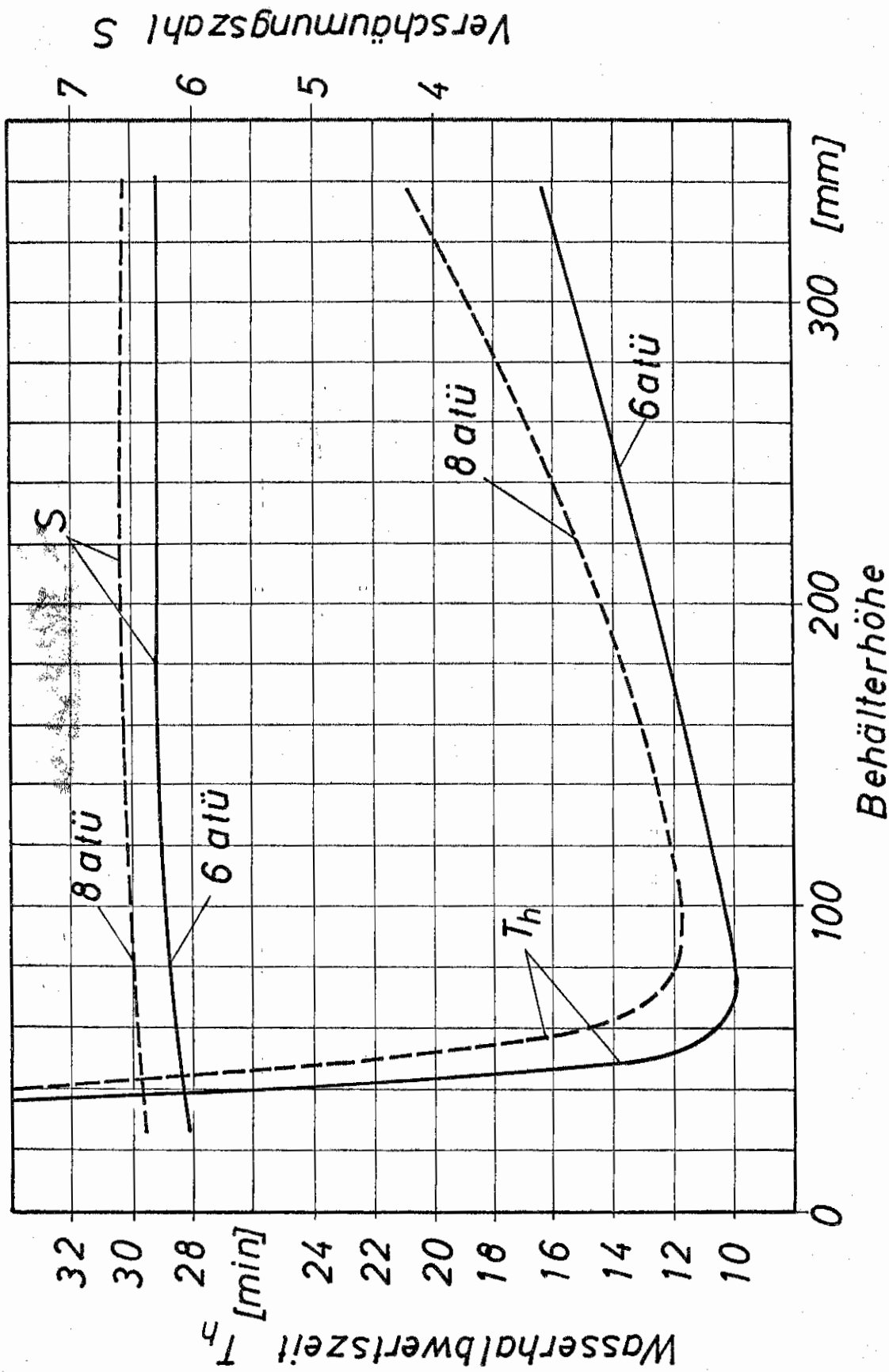
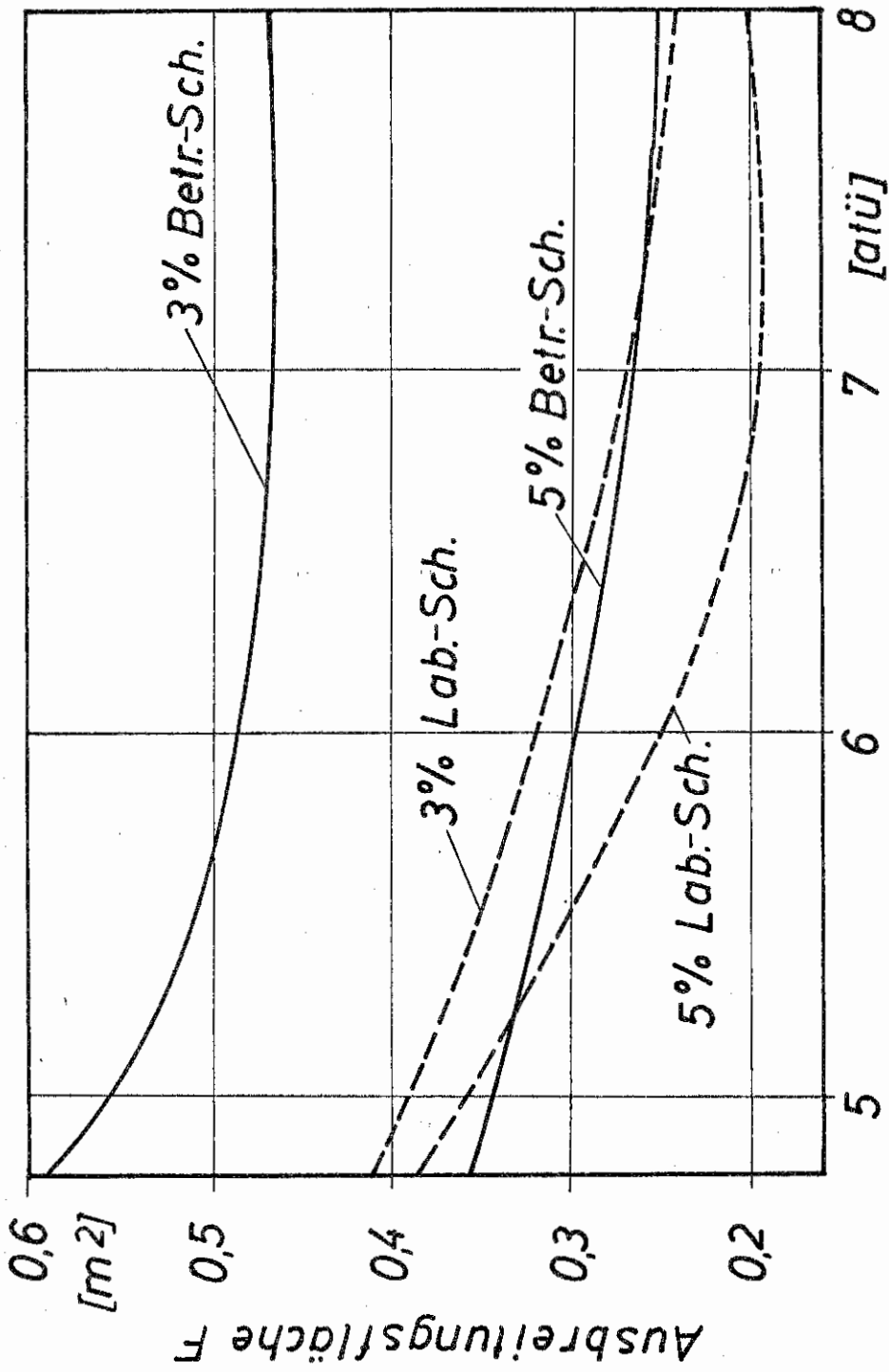


Bild 3. Einfluß der Behälterhöhe auf  $S$  und  $T_h$   
Behälterdurchmesser = 449 mm, Zumischung 5%



Druck vor Schaumrohr

Bild 4. Ausbreitungsfläche  $F$  in Abhängigkeit vom Druck