

AGF

BERICHTE

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

Einfluß der Luft- und Wassertemperaturen sowie der
Luft- und Wasserverunreinigungen auf die
Erzeugung von Feuerlöschschaum

23

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LANDESDIENSTSTELLEN
FÜR FEUERSCHUTZ IN DEN BUNDESLÄNDERN (AGF)

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ
AGF

Forschungsbericht Nr. 23

"Einfluß der Luft- und Wassertemperaturen sowie der
Luft- und Wasserverunreinigungen auf die Erzeugung
von Feuerlöschschaum"

von
Dipl.-Ing. R. John
Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe
Juli 1972

FA. Nr. 51(6/69)

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

AGF

Forschungsbericht Nr. 23

"Einfluß der Luft- und Wassertemperaturen sowie der Luft- und Wasserverunreinigungen auf die Erzeugung von Feuerlöschschaum"

von

Dipl.-Ing. R. John

Forschungsstelle für Brandschutztechnik

an der Universität Karlsruhe (TH)

4 Proteinschaummittel und 5 Mehrbereichsschaummittel auf Alkoholbasis wurden mit einem Baby-Kometrohr zu Schwerschaum verschäumt und für diese Schäume die Kenngrößen Verschäumungszahl, Wasserhalbwertszeit und Abbrandzeit ermittelt. Die Beeinflussung dieser Schaumkenngrößen durch unterschiedliche Luft- und Wassertemperaturen, durch verschiedene Wasserhärten sowie durch unterschiedliche Verunreinigungen und Zusätze der zum Verschäumen angesaugten Luft wurden untersucht. Die Ergebnisse sind graphisch wiedergegeben.

Durch erhöhte Wassertemperaturen sowie durch Verunreinigungen der angesaugten Luft durch Holzschwelgas und Ölnebel u. a. werden die Schaumkenngrößen sehr stark verändert. In der Praxis können Rauchgase ähnliche Bestandteile enthalten und führen, wenn sie im Einsatz vom Schaumrohr mit angesaugt werden, zu so ungünstigen Schaumqualitäten, daß der Löscherfolg in Frage gestellt ist. Die vorliegenden Untersuchungen ergaben weiterhin, daß es zur Prüfung bzw. zur Bestimmung der Schaumkenngrößen unbedingt erforderlich ist, die Temperaturen der bei der Schaumerzeugung verwendeten Schaummittellösungen und die Härte des dafür verwendeten Wassers festzulegen. Außerdem muß auch die angesaugte Luft bei der Prüfung völlig frei von Verunreinigungen oder Zumischungen sein, da sonst ein Vergleich der Schaumkenngrößen verschiedener Schaummittel untereinander nicht möglich ist.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	AUFGABENSTELLUNG	1
3.	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	2
3.1.	Versuchsaufbau	2
3.2.	Bestimmung der Verschäumungszahl, der Wasserhalbwegszeit und des Abbrandwiderstandes	4
3.3.	Untersuchte Schaummittel	5
3.4.	Temperaturen und Verunreinigungen der angesaugten Luft sowie der Schaummittellösung	5
3.4.1.	Temperaturen der Schaummittel- lösung und der angesaugten Luft	5
3.4.2.	Wasserhärte	6
3.4.3.	Zusätze zur Luft	6
3.4.3.1.	Holzschwelgas	6
3.4.3.2.	Karbolineum und Terpentinöl- ersatz	7
3.4.3.3.	Ölnebel	7
3.4.3.4.	Siliciumdioxid A 200 und R 972	8
4.	VERSUCHSERGEBNISSE	8
4.1.	Einfluß der Luft- und Wasser- temperatur	8
4.2.	Einfluß der Wasserhärte	11
4.3.	Einfluß der Zusätze zur ange- saugten Luft	13
5.	DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE	15

6.	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN	19
6.1.	Einfluß der Luft- und Wasser- temperaturen	19
6.2.	Einfluß der Wasserhärte	19
6.3.	Einfluß der Verunreinigungen der Luft und des Wassers	20
7.	ZUSAMMENFASSUNG	21
8.	LITERATURVERZEICHNIS	22
9.	BILDER	23

1. EINLEITUNG

Beim Einsatz von Feuerlöschschaum zur Brandbekämpfung ist schon wiederholt festgestellt worden, daß die Schaumqualität merklich absinkt, sobald Rauchgase vom Schaumrohr mit angesaugt werden. Es tritt hierbei eine Veränderung der Schaumkenngrößen

Verschäumungszahl,
Wasserhalbwegszeit,
Abbrandwiderstand und
Fließfähigkeit

ein. Eine weitere Beeinflussung dieser Kenngrößen wird auch durch unterschiedliche Temperaturen der Schaummittellösungen verursacht. So wurde von Brunswig [1] festgestellt, daß die Verschäumungszahl absinkt und die Menge des aus dem Schaum innerhalb von 15 Minuten ausgeschiedenen Wassers zunimmt, sobald der vom Schaumrohr angesaugten Luft Rauchgase verschiedener Verbrennungsprodukte beigemischt wurden. Wird dieser Einfluß der Rauchgase auf die Schaumqualität bei der Brandbekämpfung nicht berücksichtigt, so sind Mißerfolge bei Löschangriffen mit Schaum leicht möglich.

2. AUFGABENSTELLUNG

Damit während des Einsatzes von Feuerlöschschaum die im Normalfall durch Schaumrohr, Zumischung und Schaummittel erhaltene Schaumqualität erreicht wird, ist es erforderlich, die Veränderungen der Schaumkenngrößen

Verschäumungszahl,
Wasserhalbwegszeit und
Abbrandwiderstand

durch Verunreinigungen und höhere Temperaturen der angesaugten Luft sowie des verwendeten Wassers zu kennen. Um zu beur-

teilen, welches Schaummittel am geeignetsten für den Einsatz unter den Bedingungen ist, bei denen die obengenannten Verunreinigungen bzw. höheren Temperaturen nicht ausgeschlossen werden können, sind die Veränderungen der Schaumkenngrößen verschiedener Schaummittelqualitäten untereinander einem Vergleich zu unterziehen.

3. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Mit den in [2] und [3] beschriebenen Methoden wurden mehrere Schaummittel auf Proteinbasis sowie synthetische Schaummittel auf Alkoholbasis daraufhin untersucht, wie stark die Kenngrößen der aus ihnen mit einem Baby-Kometrohr erzeugten Schwertschäume durch Verunreinigungen der angesaugten Luft und des verwendeten Wassers sowie durch hohe Luft- und Wassertemperaturen beeinflusst werden.

3.1. Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau sowie die Versuchsdurchführung entspricht im wesentlichen der in [3] beschriebenen Anlage. Verschäumt wurde eine vorgemischte Lösung, die mit Preßluft aus einem 10 l-Behälter dem Baby-Kometrohr zugeführt wurde. Um für die Verschäumung Luft und Wasser mit verschiedenartigen Verunreinigungen sowie Luft und Wasser unterschiedlicher Temperatur herstellen zu können, wurde die in [2] ausführlich beschriebene Schaumentnahmeverrichtung entsprechend Bild 1 erweitert.

Das Baby-Kometrohr 1 wurde mit dem Wasseranschluß 2 zusammen so in den Kunststoffkasten 3 eingebaut, daß die für die Verschäumung benötigte Luft nur aus dem Kasten angesaugt werden kann. In diesen Kasten, der zur Beobachtung des Schaumrohres auf einer Seite aus Plexiglas besteht, mündet das Luftrohr 4.

Damit kein Wasser in dieses Rohr eintreten kann, schließt es mit einem Dach ab. Um einen unkontrollierten Überdruck im Ansaugkasten zu vermeiden, ist in diesen das Flatterventil 5 eingebaut. Es besteht aus einer dünnen Kunststoffscheibe, die auf einem Rundschnurring aufliegt. Um dieses Ventil herum ist das Ringfilterelement 6 angeordnet, das bei Versuchen mit versprühten Flüssigkeiten diese zum Teil auffängt. Die zum Verschäumen erforderliche Luft wird mit dem Ventilator 7 angesaugt und dem Kasten zugeführt. Je nach dem gewünschten Betriebszustand kann die angesaugte Luft mit dem Heizwiderstand 8 erwärmt werden oder bei Zumischung von Rauch- und Schwelgas aus dem Raucherzeuger 9 durch die Kühlspirale 10 gekühlt werden. Die vereinfacht dargestellte Vorrichtung 11a ist an einem Vibrator befestigt und dient zum Einblasen von Feststoffteilchen (Staub) in den Ansaugkasten. Sie kann gegen die elektrische Farbspritzpistole 11b ausgewechselt werden, mit der Flüssigkeitstropfen in den Ansaugkasten eingesprüht werden können. Zur Bestimmung der Wassertemperatur dient das Thermoelement 12, dessen Anzeige zusammen mit der des Thermoelementes 13 für die Messung der Lufttemperatur im Ansaugkasten auf einem 12-Punktdrucker registriert wird. Über das Rohr 14 wird je nach Versuchseinstellung der Staubgehalt gravimetrisch mit Hilfe eines Filters oder der CO_2 -Gehalt über einen Ultrarotgasanalysator (URAS) ermittelt. Der CO_2 -Gehalt wird ebenfalls auf dem 12-Punktdrucker registriert. Der Druck der Schaummittellösung wird über ein Drosselventil am Vormischbehälter entsprechend der Anzeige des Manometers 15 einreguliert. Über das Rohr 16 wird der gesamte erzeugte Schaum dem Meßbehälter 17 zugeführt. Das beim Spülen des Schaumrohres in den Ansaugkasten fließende Wasser wird über den Schlauch 18 abgeführt.

3.2. Bestimmung der Verschäumungszahl, der Wasserhalbwegszeit und des Abbrandwiderstandes.

Zur Bestimmung der Verschäumungszahl und der Wasserhalbwegszeit wurden Behälter von 144 mm Innendurchmesser und 307 mm Höhe, entsprechend 5 l Inhalt verwendet. Die Verschäumungszahl S

$$S = \frac{\text{Schaumvolumen}}{\text{Lösungsvolumen}}$$

wurde aus dem Gewicht G_S des im 5 l-Behälters abgefüllten Schaum und dem Behältervolumen bestimmt zu

$$S = \frac{V_B}{G_S}$$

da, wie in [2] dargelegt wurde, das Lösungsvolumen und das Schaumgewicht identische Werte aufweisen. Die Wasserhalbwegszeit wurde nach der in [2] beschriebenen Methode gemessen. Zu bestimmten Zeiten, etwa jede Minute, wurde die ausgefallene Wassermenge im Meßzylinder abgelesen. Anschließend wurde aus diesen Werten rechnerisch die Zeit ermittelt, bei der die Hälfte des im Schaum gebundenen Wassers ausgefallen war.

Die Prüfung des Abbrandwiderstandes wurde nach der in [3] beschriebenen Methode durchgeführt. Dabei wird der im Probenbehälter befindliche Schaum einer Azetylen-Sauerstoff-Flamme ausgesetzt. Die Zeit vom Beginn des Beflammens bis zum Abbrennen einer 120 mm dicken Schaumschicht, die sogenannte Abbrandzeit, ist ein Maß für den Abbrandwiderstand.

3.3. Untersuchte Schaummittel

Untersucht wurden 9 Schaummittel mit den Kennziffern 1 bis 7, 9 und 10. Dabei kennzeichnen die Nr. 1, 2, 6 und 7 Schwerschaummittel auf Proteinbasis, während die übrigen (3, 4, 5, 9 und 10) Mehrbereichsschaummittel auf Alkoholbasis sind. Mit den Nr. 1, 2, 3 und 4 sind die gleichen Schaummittel gekennzeichnet worden wie in [3]. Zur einfacheren Unterscheidung der beiden Schaummittelarten sind den Kennziffern auf den Bildern die Buchstaben P für Proteinschaummittel und M für Mehrbereichsschaummittel auf Alkoholbasis angehängt. Die Zumischung betrug bei den Proteinschaummitteln 3 % und bei den Mehrbereichsschaummitteln 1,5 %. Alle Schaummittellösungen wurden erst unmittelbar vor dem Verschäumen angesetzt und bei einem Druck vor dem Schaumrohr von 5 bar verschäumt.

3.4. Temperaturen und Verunreinigungen der angesaugten Luft sowie der Schaummittellösung

3.4.1. Temperaturen der Schaummittellösung und der angesaugten Luft

Bei normaler, nicht verunreinigter Luft wurden bei einer Temperatur der Schaummittellösung, im Folgenden als Wassertemperatur bezeichnet, von ca 17° C und einer Lufttemperatur zwischen 18 und 65° C die Verschäumungszahlen und Wasserhalbwegszeiten der 9 angeführten Schaummittel bestimmt. Bei einer Temperatur der angesaugten Luft von ca 18° C und einer Wassertemperatur zwischen 5 und 55° C wurden ebenfalls von allen 9 Schaummitteln die Verschäumungszahlen, die Wasserhalbwegszeiten und die Abbrandzeiten ermittelt. Mit 2 Schaummitteln (7 P und 4 M) wurden die obengenannten Untersuchungen zusätzlich so durchgeführt, daß der angesaugten Luft 15 % CO₂ beigemischt war.

3.4.2. Wasserhärte

Der Einfluß der Wasserhärte auf die 3 Schaumkenngrößen wurde ebenfalls bei allen aus den 9 Schaummitteln hergestellten Schwerschäumen gemessen. Für diese Versuche wurde demineralisiertes Wasser (DH = 0), Leitungswasser (DH \approx 15) und künstliches Meerwasser nach DIN 50900 verwendet.

3.4.3. Zusätze zur Luft

Bei den nächsten Versuchsreihen wurden der Ansaugluft Verunreinigungen beigemischt. Für jeweils 3 Proteinschaummittel und 3 Mehrbereichsschaummittel auf Alkoholbasis wurden dabei die Kenngrößen Verschäumungszahl, Wasserhalbwegszeit und Abbrandzeit des erzeugten Schwerschäumens gemessen. Es wurden folgende Stoffe der Luft beigemischt.

3.4.3.1. Holzschwelgas

Dieses Schwelgas entsteht durch die Entgasung von Holz bei höheren Temperaturen. Bei niedrigeren Umgebungstemperaturen kondensieren diese Schwelgase teilweise wieder zu kleinsten Tröpfchen. Bei allen Feststoffbränden muß mit Schwelgasen gerechnet werden.

Das bei den Versuchen verwendete Holzschwelgas wurde in einem Rauchgasgenerator 9, siehe Bild 1, durch Erhitzen von Kiefernholzwürfeln erzeugt. Für jeden Versuch wurden neue Holzwürfel eingelegt und nach einer durch Vorversuche festgelegten Zeit bei gleicher Beheizung der Schaum erzeugt. Die in den Bildern angegebenen Bezeichnungen "Schwelgas I" und "Schwelgas II" geben an, daß bei diesen Versuchen unterschiedliche Rauchgasmenngen in der angesaugten Luft vorhanden waren. Bei "Schwelgas I"

befanden sich ca 7 g Schwelgas in 1 m_n^3 Luft, bei "Schwelgas II" waren es ca 10 g Schwelgas in 1 m_n^3 Luft.

3.4.3.2. Karbolineum und Terpentinersatz

Karbolineum ist ein wasserunlösliches, teerig riechendes Gemisch aus Steinkohlenteerbestandteilen, die über 270°C sieden. Es enthält u. a. Anthracen, Phenanthren, Phenole, Kresole, Naphthalin, Chrysen usw.

Terpentinersatz ist eine aus aromatischen und ungesättigten Kohlenwasserstoffen zusammengesetzte Flüssigkeit. Der Siedebereich von Terpentinersatz liegt wesentlich niedriger als bei Karbolineum. Beide Flüssigkeiten wurden mit der elektrischen Farbspritzpistole 11b in Bild 1 in den Ansaugkasten bei feinsten Sprühstellung eingeblasen. Die eingesprühete Menge wurde bei allen Versuchen konstant gehalten und betrug nach der Berücksichtigung der an den Wänden des Ansaugkastens ablaufenden Menge ca 22 g/m_n^3 Luft.

3.4.3.3. Ölnebel

Da bei der Brandbekämpfung häufig Ölnebel auftreten können, wurde auch dieser bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Art der Luftverunreinigung mit berücksichtigt. Bei den Versuchen wurde der Ölnebel dadurch erzeugt, daß an Stelle des Rauchgasgenerators 9 eine elektrisch beheizte Platte gesetzt wurde, die mit einer konstanten Zahl von ca 60 Tropfen pro Minute beaufschlagt wurde. Der dadurch entstehende Ölnebel wurde vom Gebläse 7 mit angesaugt und gelangte so in den Ansaugkasten.

3.4.3.4. Siliciumdioxid A 200 und R 972

Um die Veränderungen der Schaumkenngrößen durch die Ansaugung von inerter staubhaltiger Luft feststellen zu können, wurden in einer weiteren Versuchsreihe die oben genannten Stäube A 200 und R 972 der Ansaugluft zugesetzt. Bei diesen Stoffen handelt es sich um kugelförmiges Siliciumdioxid, das von der Firma Degussa unter dem Handelsnamen Aerosil 200 (A 200) und Aerosil R 972 (R 972) vertrieben wird. Der mittlere Teilchendurchmesser liegt für Aerosil 200 bei $7 \cdot 10^{-6}$ mm und für Aerosil R 972 bei $16 \cdot 10^{-6}$ mm. Im Gegensatz zum hydrophilen A 200 zeigt R 972 ein hydrophobes Verhalten.

Diese beiden Stäube wurden mit der Vorrichtung 11a (Bild 1) in den Ansaugkasten eingeblasen. Die angehängten römischen Zahlen bei A 200 I, A 200 II und R 972 II in den Bildern kennzeichnen die unterschiedlich eingeblasenen Staubmengen. Bei I sind ca 0,8 g/min und bei II ca 1,4 g/min eingeblasen worden.

4. VERSUCHSERGEBNISSE

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind in den Bildern 2 bis 25 dargestellt und werden im folgenden erläutert.

4.1. Einfluß der Luft- und Wassertemperatur

Versuche, die mit einer Wassertemperatur von ca 18° C und mit einer Lufttemperatur von ca 60° C durchgeführt wurden, ergaben, daß sich die Verschäumungszahlen und die Wasserhalbwertszeiten im Vergleich zu den Werten, die bei ca 20° C Lufttemperatur gemessen wurden, innerhalb ihrer Meßgenauigkeit nicht unterscheiden. Berechnet man den Anstieg der Schaumtem-

peratur infolge der höheren Lufttemperatur, so ergibt sich für eine Verschäumungszahl von ca 8, daß sich die Schaumtemperatur nur um ca $1/500$ der Temperaturdifferenz zwischen Luft und Schaummittellösung erhöht. Bei der hier vorliegenden Temperaturdifferenz von ca 40°C erhöht sich also die Schaumtemperatur nur um $40/500 = 0,08^{\circ}\text{C}$. Durch die feine Verteilung der Schaummittellösung nach der Düse im Schaumrohr erfolgt eine so intensive Vermischung mit der angesaugten Luft, daß diese sehr schnell abgekühlt wird. Das läßt auch bei sehr hohen Lufttemperaturen keinen merklichen Einfluß auf die Schaumqualität erwarten. Einen wesentlichen Einfluß übt jedoch die Temperatur der Schaummittellösung, im folgenden als Wassertemperatur bezeichnet, auf die Schaumqualität aus. Die ermittelten Werte für die Verschäumungszahl S , die Wasserhalbwegszeit t_H und die Abbrandzeit t_A sind für 4 Proteinschaummittel und 5 Mehrbereichsschaummittel auf Alkoholbasis in den Bildern 2 bis 10 über der Wassertemperatur aufgetragen.

Bild 2 gibt den Verlauf der 3 Kenngrößen über der Wassertemperatur für das Proteinschaummittel 1 wieder. Der Zusatz P bei der Schaummittelbezeichnung im Bild 2 soll lediglich auf das Proteinschaummittel hinweisen. Die Verschäumungszahl S steigt von 5,8 bei einer Wassertemperatur von ca 10°C in einer S-förmigen Kurve auf einen Wert von 8 bei 50°C an. Die Wasserhalbwegszeit t_H sinkt bei diesem Schaummittel von 13,7 min bei 10°C auf ca 7,5 min bei einer Wassertemperatur von 50°C ab. Von 4,2 min bei 10°C sinkt die Abbrandzeit auf 2,9 min bei 50°C ab. Bei Wassertemperaturen zwischen 40 und 50°C ist die Abbrandzeit nahezu konstant.

Die Kenngrößen des Schaummittels 2 in Bild 3 weisen für die Verschäumungszahl S einen fast linearen Anstieg mit steigender Temperatur auf. Die Wasserhalbwegszeit t_H fällt in

einer S-förmigen Kurve ab, die bei einer Wassertemperatur von ca 24° C bzw. 36° C ein Zwischenminimum bzw. ein Zwischenmaximum aufweist. Die Abbrandzeit sinkt ähnlich wie bei Schaummittel 1 (Bild 2) ab.

Von einem Wert $S = 5,7$ steigt die Verschäumungszahl des Schaummittels 6 (Bild 4) linear auf den Wert 7,7 bei einer Wassertemperatur von 50° C an. Die Kurve für die Wasserhalbwertszeit t_H und die Abbrandzeit t_A fallen in dieser Darstellung nahezu parallel mit steigender Wassertemperatur ab.

In Bild 5 sind die Veränderungen der Kenngrößen aufgetragen, die sich beim Verschäumen ergeben, wenn Raumluft bzw. Luft mit 15 Vol. % CO_2 vom Schaumrohr angesaugt werden. Wie die beiden Kurven für die jeweiligen Schaumkenngrößen zeigen, ist der Einfluß von CO_2 gering. Auffallend bei dem Schaummittel 7 ist die Abhängigkeit der Verschäumungszahl S von der Wassertemperatur. Bei ca 25° C erreicht S bei der Verschäumung mit Raumluft seinen höchsten Wert; bei Luft mit dem CO_2 -Zusatz wird das Maximum bei ca 20° C erreicht. Die Wasserhalbwertszeit fällt hier nahezu linear ab, während die Abbrandzeit bei niedrigen Temperaturen des Wassers eine stärkere Abhängigkeit als bei hohen Wassertemperaturen aufweist.

Bei dem Mehrbereichsschaummittel 3 (Bild 6) fällt im Vergleich zu den Proteinschaummitteln die geringere Erhöhung der Verschäumungszahl S und der wesentliche steilere Abfall der Wasserhalbwertszeit t_H auf. Der Wert t_H sinkt von 18,4 min bei einer Wassertemperatur von 10° C auf 5,7 min bei 50° C ab. Bei Wassertemperaturen zwischen 35 und 55° C erändert sich die Wasserhalbwertszeit nur geringfügig. Die Abbrandzeit sinkt von 3,6 min bei einer Wassertemperatur von 10° C auf 1,7 min bei 50° C ab.

Das Mehrbereichsschaummittel 4 (Bild 7) wurde wie das Proteinschaummittel 7 (Bild 5) mit Raumluft und mit Luft, die 15 Vol. % CO_2 enthielt, verschäumt. Während die beiden Kurven für die Wasserhalbwertszeit und die Abbrandzeit nahezu parallel verlaufen, weichen die Kurven für die Verschäumungszahl in ihrer Tendenz stark ab. Wie bei den vorhergehenden Mehrbereichsschaummitteln fällt auch in diesem Bild 7 die starke Abhängigkeit der Wasserhalbwertszeit von der Wassertemperatur auf.

Auf den Bildern 8 und 9 für die Mehrbereichsschaummittel 5 und 9 sind ähnliche Abhängigkeiten der 3 Schaumkenngößen von der Wassertemperatur wie bei den bisher besprochenen Mehrbereichsschaummitteln festzustellen.

Das Mehrbereichsschaummittel 10 (Bild 10) weist im Gegensatz zu den übrigen untersuchten Mehrbereichsschaummitteln eine mit der Wassertemperatur sehr stark ansteigende Verschäumungszahl S auf. Neben der bekannten Abnahme der Wasserhalbwertszeit mit zunehmender Wassertemperatur tritt hier bei der Abbrandzeit ein bei den anderen Schaummitteln nicht festgestellter Verlauf auf. Die Abbrandzeit weist hier bei einer Wassertemperatur von ca 15°C ein Maximum auf.

4.2. Einfluß der Wasserhärte

Der Einfluß der Wasserhärte auf die Schaumkenngößen Verschäumungszahl S , Wasserhalbwertszeit t_H und Abbrandzeit t_A für Schwerschäume aus Proteinschaummitteln und aus Mehrbereichsschaummitteln auf Alkoholbasis geht aus den Bildern 11 bis 19 hervor. Diese Kurven sind durch geradliniges Verbinden der 3 Meßwerte entstanden, die den Kenngrößen von Schäumen aus Schaummittellösungen entsprechen, die mit demineralisiertem Wasser, mit Leitungswasser und mit künstlichem Meerwasser nach DIN 50900 angesetzt wurden.

Bei den Proteinschaummitteln 1, 2 und 7 (Bilder 11, 12 und 14) nimmt die Verschäumungszahl S von dem Wert, der der Lösung mit demineralisiertem Wasser entspricht bis zur Lösung mit künstlichem Meerwasser um ca 0,7 bis 0,9 ab, während bei dem Schaummittel 6, Bild 13, nur eine Abnahme von 0,4 auftritt. Abweichend von den übrigen Schwerschaummitteln verhält sich auch die Wasserhalbzeit t_H für das Schaummittel 6. Die Wasserhalbzeit nimmt hierbei von der Lösung mit demineralisiertem Wasser bis zur Lösung mit künstlichem Meerwasser linear nur um 0,5 min ab, während bei den übrigen Schaummitteln (Bild 11, 12 und 14) bei der Verschäumung mit Leitungswasser angesetzt Lösung ein Knick in der Kennlinie für die Wasserhalbzeit auftritt. Die gesamte Änderung von t_H liegt bei dem letzteren bei ca 1 min. Ähnlich in der Tendenz sind die Abbrandkurven der Bilder 11, 12 und 14. Die kürzeste Abbrandzeit und damit der geringste Abbrandwiderstand wurde mit Lösungen gemessen, die mit Leitungswasser von ca 15 DH angesetzt worden waren. Beim Schaummittel 6 (Bild 13) steigt die Abbrandzeit mit zunehmender Wasserhärte an.

Die Verschäumungszahl der Mehrbereichsschaummittel, Bilder 15 bis 19, zeigen ein unterschiedliches Verhalten bei verschiedenen Wasserhärten. Während beim Mehrbereichsschaummittel 3 die Verschäumungszahl nahezu konstant bleibt, steigt sie bei den Mehrbereichsschaummitteln 4, 5 und 10 (Bilder 16, 17 und 19) mit steigender Wasserhärte an. Das Mehrbereichsschaummittel 9 (Bild 18) ergibt bei Lösungen mit Leitungswasser die höchste Verschäumungszahl. Die Wasserhalbzeit nimmt, bis auf das Mehrbereichsschaummittel 3 (Bild 15), bei allen Mehrbereichsschaummitteln mit steigender Wasserhärte ab. Bei dem Schaummittel 3 (Bild 15) wird die längste Wasserhalbzeit bei der Verschäumung von Lösungen mit Leitungswasser erreicht.

Die Abbrandzeit sinkt bei der Verschäumung von Lösungen mit Leitungswasser gegenüber den Werten der Schäume die aus Lösungen mit demineralisiertem Wasser erzeugt wurden, mit Ausnahme des Mehrbereichsschaummittels 4, untereinander ähnlich ab und nimmt bei der Verschäumung von Lösungen mit künstlichem Meerwasser wieder zu. Bei dem Mehrbereichsschaummittel 4 nimmt die Abbrandzeit mit zunehmender Wasserhärte stetig zu.

4.3. Einfluß der Zusätze zur angesaugten Luft

Die Schaumkenngrößen Verschäumungszahl S , Wasserhalbwegszeit t_H und Abbrandzeit t_A für die Proteinschaummittel 1, 2 und 7 sowie für die Mehrbereichsschaummittel 3, 4 und 5, die sich bei verschiedenen Zusätzen zur angesaugten Luft ergaben, sind in den Bildern 20 bis 25 dargestellt. Zum Vergleich sind zusätzlich die Werte eingetragen, die ohne Zusätze zur Luft, sowie mit Lösungen mit demineralisiertem Wasser und künstlichem Meerwasser nach DIN 50900 ermittelt wurden.

Die Bilder 20, 21 und 22 zeigen, daß durch Schwelgas und Ölnebel in der angesaugten Luft die Schaumkenngrößen von den 3 Proteinschäumen 1, 2 und 7 am stärksten beeinflußt werden.

Von den eingesprühten Flüssigkeiten bewirkt Terpentinerersatz eine stärkere Veränderung der Schaumkenngrößen als Karbolinum.

Die Schaumkenngrößen von Schwerschaum aus den untersuchten Mehrbereichsschaummitteln 3, 4 und 5 wurden, wie die Bilder 23, 24 und 25 zeigen, sehr stark durch schwelgashaltige Ansaugluft verändert. Besonders stark ist die Veränderung bei dem Schaummittel 3, hier sinkt die Verschäumungszahl

von 8,2 auf 4,2, die Wasserhalbwertszeit von 14,3 auf 4 min und die Abbrandzeit von 3,2 auf 2,2 min ab.

Die Zumischung von hydrophilem und hydrophobem Siliciumdioxid (Aerosol 200 und Aerosol R 972) ergibt bei den verwendeten Proteinschaummitteln 1, 2 und 7 (Bilder 20 bis 22) auch in größeren Zusätzen keine oder nur unbedeutende Veränderungen der Verschäumungszahlen. Die Wasserhalbwertszeiten werden beim Proteinschaummittel 1 durch A 200 sowie in stärkerem Maße durch R 972 verringert (siehe Bild 21). Beim Schaummittel 2 ist durch A 200 keine Beeinflussung der Wasserhalbwertszeit festzustellen. Durch einen starken Zusatz von A 200 (in Bild 21 mit A 200 II bezeichnet) bei der Verschäumung von Schaummittel 7 wird die Wasserhalbwertszeit leicht erhöht. Bei geringen Zumischungen von A 200 und R 972 zur angesaugten Luft wurden dagegen keine Veränderungen der Wasserhalbwertszeit verursacht. Auf die Verschäumungszahlen der Schäume aus den Mehrbereichsschaummitteln 3; 4 und 5 üben die Zusätze A 200 und R 972 einen etwas größeren Einfluß aus (Bild 23). Während beim Schaummittel 3 und 5 durch A 200 und in stärkerem Maße durch R 972 die Verschäumungszahlen sinken, steigt beim Schaummittel 4 die Verschäumungszahl durch den Zusatz von R 972 um ca 2 Einheiten an.

Ein wesentlicher Einfluß wird von den beiden Typen des Siliciumdioxids auf die Wasserhalbwertszeiten der Schwer- schäume aus den Mehrbereichsschaummitteln 4 und 5 (Bild 24) ausgeübt. Durch das hydrophile A 200 wird die Wasserhalbwertszeit angehoben, während diese durch das hydrophobe R 972 besonders beim Schaummittel 5 ganz wesentlich herab- gesetzt wird.

Die Beeinflussung der Abbrandzeit durch A 200 und durch R 972 ist ähnlich wie bei den Wasserhalbwegszeiten. Durch A 200 wird die Abbrandzeit des Schaummittels 3 (Bild 25) nicht verändert. Der Schaum des Schaummittels 4 und 5 erreicht durch Zusatz von A 200 eine längere und durch R 972 eine etwas kürzere Abbrandzeit.

5. DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE

Die vorliegenden Meßergebnisse zeigen die Veränderungen der Schaumkenngrößen bei Schwerschaum aus Proteinschaummitteln und aus Mehrbereichsschaummitteln auf Alkoholbasis im Zusammenhang mit erhöhten Temperaturen der verwendeten Schaummittellösung sowie mit Verunreinigungen der angesaugten Luft.

Auf Grund der starken Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Schaummittellösungstemperatur (Bilder 2 bis 10) können daher Kenngrößen nur dann verglichen werden, wenn sie auf eine einheitliche Temperatur bezogen sind. Die in den übrigen Bildern 11 bis 25 angegebenen Werte der Schaumkenngrößen sind alle bei einer Wassertemperatur von 16-18° C gemessen und entsprechend ihrer Temperaturabhängigkeit auf eine Temperatur von 20° C korrigiert worden. Bei diesen Messungen zeigt sich auch deutlich der Zusammenhang zwischen der Verschäumungszahl und der Abbrandzeit. Bis auf eine Ausnahme bei sehr niedrigen Verschäumungszahlen (Bild 10) sinkt die Abbrandzeit mit steigender Verschäumungszahl.

Bei dem Proteinschaummittel 7 hat sich die Verschäumungszahl durch verschieden hohe Zumischungen bei 50° C Wassertemperatur wie folgt verändert.

Zumischung %	Verschäumungszahl bei 50° C
3	5,5
5	8,7
7	8,4
10	7,6

Die Wasserhalbwertszeit hat sich durch die verschiedenen Zumischungen ebenfalls geändert.

Zumischung %	Wasserhalbwertszeit bei 50° C min
3	4,6
5	6,6
7	7,8
10	10,6

Die Abbrandzeit sank mit steigender Zumischung zunächst ab und lag erst bei 10 % Zumischung über dem Wert bei einer Zumischung von 3 %. Folgende Werte wurden mit diesem Schaummittel erreicht.

Zumischung %	Abbrandzeit bei 50° C min
3	3,4
5	2,4
7	3,1
10	3,8

Bei dem Mehrbereichsschaummittel 4 wurde durch Zumischung von 3; 4; 5 und 7 % nur eine ganz geringe Veränderung der Verschäumungszahlen und der Wasserhalbwertszeit bei

einer Wassertemperatur von 50° C gegenüber dem entsprechenden Wert mit 1,5 % Zumischung festgestellt. Die Abbrandzeiten bei einer Wassertemperatur von 50° C sanken dagegen mit steigender Zumischung ab. Bei einer Wassertemperatur von 50° C sank die Abbrandzeit von 1,7 min bei 1,5 % Zumischung auf 1 min bei 7 % Zumischung ab. Durch erhöhte Zumischung kann also lediglich beim Proteinschaum die Veränderung der Schaumkennzahlen infolge höherer Wassertemperaturen in geringem Umfang abgeschwächt werden. Bei Mehrbereichsschaummitteln auf Alkoholbasis ergibt eine höhere Zumischung keine Verbesserung der Schaumkenngrößen bei einer Wassertemperatur von 50° C zu denen bei einer Wassertemperatur von 20° C ermittelten Werten.

Eine wesentlich geringere Beeinflussung der Schaumkenngrößen des Schwerschaumes sowohl aus Proteinschaummittel als auch aus Mehrbereichsschaummittel ergibt sich bei der Verschäumung mit unterschiedlich hartem Wasser im Vergleich zur Verschäumung mit Wasser von höheren Temperaturen. Bei der Verschäumung von Proteinschaummitteln und Mehrbereichsschaummitteln, die mit demineralisiertem Wasser, Leitungswasser und künstlichem Meerwasser angesetzt wurden, verändern sich die Verschäumungszahlen um maximal eins. Die Wasserhalbwegszeiten der Proteinschaummittel verändern sich bei der Verschäumung von Lösungen mit den angegebenen unterschiedlich harten Wasserarten um maximal 1,5 min. Der Einfluß der Wasserhärte auf die Wasserhalbwegszeit ist bei den Mehrbereichsschaummitteln etwas größer. Hier liegt die maximale Abnahme der Wasserhalbwegszeit bei 4 min. Die Wirkung der Wasserhärte auf die Abbrandzeit ist für die Proteinschaummittel und für die Mehrbereichsschaummittel ähnlich. In den meisten Fällen wird mit Leitungswasser die niedrigste Abbrandzeit gemessen. Die maximalen Veränderungen der Abbrandzeit betragen ca 1 bis 1,5 min.

Wesentlich stärker als der Einfluß der Wassertemperatur und der Wasserhärte ist der Einfluß der Verunreinigungen der vom Schaumrohr angesaugten Luft auf die Schaumkenngrößen. Die Versuche haben gezeigt, daß ölige und leichtverdunstende feinverteilte Tröpfchen die stärksten Veränderungen ergeben. Diese Bestandteile sind alle im natürlichen Rauchgas enthalten. Nach [4] bestehen die Rauchteilchen in der Regel aus einem halbflüssigen Gemisch von Öl, Teer, Gummi, Wasser und Ruß. Sie bilden sich in einem bestimmten Verbrennungsstadium, wenn sich die Dämpfe auf den die Flamme verlassenden Rußteilchen kondensieren. Die Zusammensetzung des Gemisches ändert sich naturgemäß mit dem Brennmaterial, der Temperatur und sonstigen Zustandsbedingungen. Bisher sind über 70 verschiedene Verbindungen als Bestandteile von Rauchgasen identifiziert worden. Aus diesen Angaben folgt, daß bei der Verschäumung angesaugter Rauch genau wie Holzschwelgas und Ölnebel eine Veränderung der Schaumkenngrößen bewirkt.

Bei den untersuchten Proteinschaummitteln 1; 2 und 7 wurde durch den Zusatz von A 200 und R 972 die Abbrandzeit leicht erhöht. (Bild 22) Der Grund für diesen Effekt dürfte sein, daß beim Erwärmen des Schaumes die in ihm enthaltenen Pulverteilchen mit aufgeheizt werden müssen, was bei gleichem zugeführtem Wärmestrom längere Abbrandzeiten zur Folge hat.

Da während der Schaumbildung eine sehr intensive Vermischung der angesaugten Luft mit dem Wasser eintritt, werden wahrscheinlich auch die in der Luft mitgeführten Verunreinigungen sehr schnell vom Wasser aufgenommen. Die Beeinflussung der Schaumkenngrößen geht daher von der Veränderung der spezifischen Eigenschaften der Schaummittellösung, d. h. von der Oberflächenviskosität und der Oberflächenspannung aus. Aus diesem Grund können die bei der Luftverunreinigung aufgetretenen Änderungen der Schaumkenngrößen auch ent-

sprechend auf Wasserverunreinigungen zurückgeführt werden. Hier wäre besonders auf die Verunreinigungen des Wassers durch Öl und ähnliche Stoffe hinzuweisen.

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

6.1. Einfluß der Luft- und Wassertemperatur

Generell hat sich bei Schwerschäumen aus Proteinschaummitteln sowie aus Mehrbereichsschaummitteln auf Alkoholbasis ergeben, daß mit steigender Wassertemperatur die Verschäumungszahl ansteigt und die Wasserhalbwertszeit sowie die Abbrandzeit absinkt. Die Wassertemperaturen ändern die Verschäumungszahlen bei Schäumen aus Proteinschaummitteln stärker als bei Schäumen aus Mehrbereichsschaummitteln. Beim Mehrbereichsschaummittel tritt dagegen eine wesentlich stärkere Abnahme der Wasserhalbwertszeit mit steigender Wassertemperatur auf.

Werden Schaumkenngrößen mit dem Ziel bestimmt, aus verschiedenen Schaummitteln hergestellte Schäume untereinander zu vergleichen, so ist eine genaue Festlegung der Wassertemperatur erforderlich. Die Lufttemperatur übt nach 4.1. keinen meßbaren Einfluß auf die Schaumkenngrößen aus, solange diese ca 200° C nicht überschreitet.

6.2. Einfluß der Wasserhärte

Der Einfluß der Wasserhärte auf die Schaumkenngrößen ist bei den untersuchten Schwerschäumen aus Proteinschaummitteln und aus Mehrbereichsschaummitteln auf Alkoholbasis verhältnismäßig gering. Für den Einsatz der Schäume

dürften die Schwankungen der Schaumkenngrößen durch unterschiedliche Wasserhärten unbedeutend sein, da sie innerhalb der Grenzen liegen, die durch schwankende Wasserdrücke am Schaumrohr normalerweise sowieso auftreten. Für Vergleichsmessungen ist es jedoch erforderlich, die Wasserhärte für die Schaummittellösung innerhalb gewisser Grenzen von z. B. 15-20 DH festzulegen.

6.3. Einfluß der Verunreinigungen der Luft und des Wassers

Verunreinigungen bzw. Zusätze zur angesaugten Luft verursachen eine sehr unterschiedliche Veränderung der Schaumkenngrößen. Dabei hat sich gezeigt, daß die untersuchten Schwerschäume aus Proteinschaummitteln und aus Mehrbereichschaummitteln auf Alkoholbasis am stärksten durch Holzschwelgas, Ölnebel und eingesprühten Terpentinölersatz zu ungünstigeren Werten verschoben werden. Inerte Stäube, wie die verwendeten Siliciumdioxide Aerosil 200 (A 200) und Aerosil R 972 (R 972) ergeben zwar auch Veränderungen der Schaumkenngrößen, die dadurch bedingten Abweichungen pendeln aber in beiden Richtungen um den Normalwert und dürften bei Löscheinsätzen unbedeutend sein. Für den Löscheinsatz unbedeutende Veränderungen ergeben sich auch, wenn die angesaugte Luft CO_2 bis 15 % enthält. Die gleichen Veränderungen der Schaumkenngrößen ergeben sich nach 5. auch, wenn die der Luft beigemischten Stoffe als Verunreinigungen des Wassers auftreten.

Für die Bestimmung der Schaumkenngrößen ist es daher aufgrund der vorliegenden Meßergebnisse unbedingt erforderlich, jede Beimengung bzw. Verunreinigung der Luft und des Wassers bei der Schaumerzeugung zu vermeiden.

7. ZUSAMMENFASSUNG

4 Proteinschaummittel und 5 Mehrbereichsschaummittel auf Alkoholbasis wurden mit einem Baby-Kometrohr zu Schwertschaum verschäumt und für diese Schäume die Kenngrößen Verschäumungszahl, Wasserhalbwegszeit und Abbrandzeit ermittelt. Die Beeinflussung dieser Schaumkenngrößen durch unterschiedliche Luft- und Wassertemperaturen, durch verschiedene Wasserhärten sowie durch unterschiedliche Verunreinigungen und Zusätze der zum Verschäumen angesaugten Luft wurden untersucht. Die Ergebnisse sind graphisch wiedergegeben.

Durch erhöhte Wassertemperaturen sowie durch Verunreinigungen der angesaugten Luft durch Holzschwelgas und Ölnebel u. a. werden die Schaumkenngrößen sehr stark verändert. In der Praxis können Rauchgase ähnliche Bestandteile enthalten und führen, wenn sie im Einsatz vom Schaumrohr mit angesaugt werden, zu so ungünstigen Schaumqualitäten, daß der Löscherfolg in Frage gestellt ist. Die vorliegenden Untersuchungen ergaben weiterhin, daß es zur Prüfung bzw. zur Bestimmung der Schaumkenngrößen unbedingt erforderlich ist, die Temperaturen der bei der Schaumerzeugung verwendeten Schaummittellösungen und die Härte des dafür verwendeten Wassers festzulegen. Außerdem muß auch die angesaugte Luft bei der Prüfung völlig frei von Verunreinigungen oder Zumischungen sein, da sonst ein Vergleich der Schaumkenngrößen verschiedener Schaummittel untereinander nicht möglich ist.

8. LITERATURVERZEICHNIS

[1] Brunswig, H.:

Rauch schadet Schaum.
Brandschutz / Deutsche Feuerwehr-
Zeitung 22 (1968), Nr. 3, S. 82

[2] John, R.:

Entwicklung eines Verfahrens zur
Schnellprüfung von Schaummitteln
und Schaumerzeugern im Einsatzdienst
der Feuerwehren
AGF-Forschungsbericht Nr. 1. 1967

[3] John R.:

Entwicklung eines Verfahrens zur
Schnellprüfung von Schaummitteln
und Schaumerzeugern im Einsatzdienst
der Feuerwehren
AGF-Forschungsbericht Nr. 14. 1969

[4] Manegold, E.:

Allgemeine und angewandte
Kolloidkunde. Band 1
Heidelberg: Straßenbau, Chemie und
Technik Verlagsgesellschaft m. b. H.
1956. S. 338

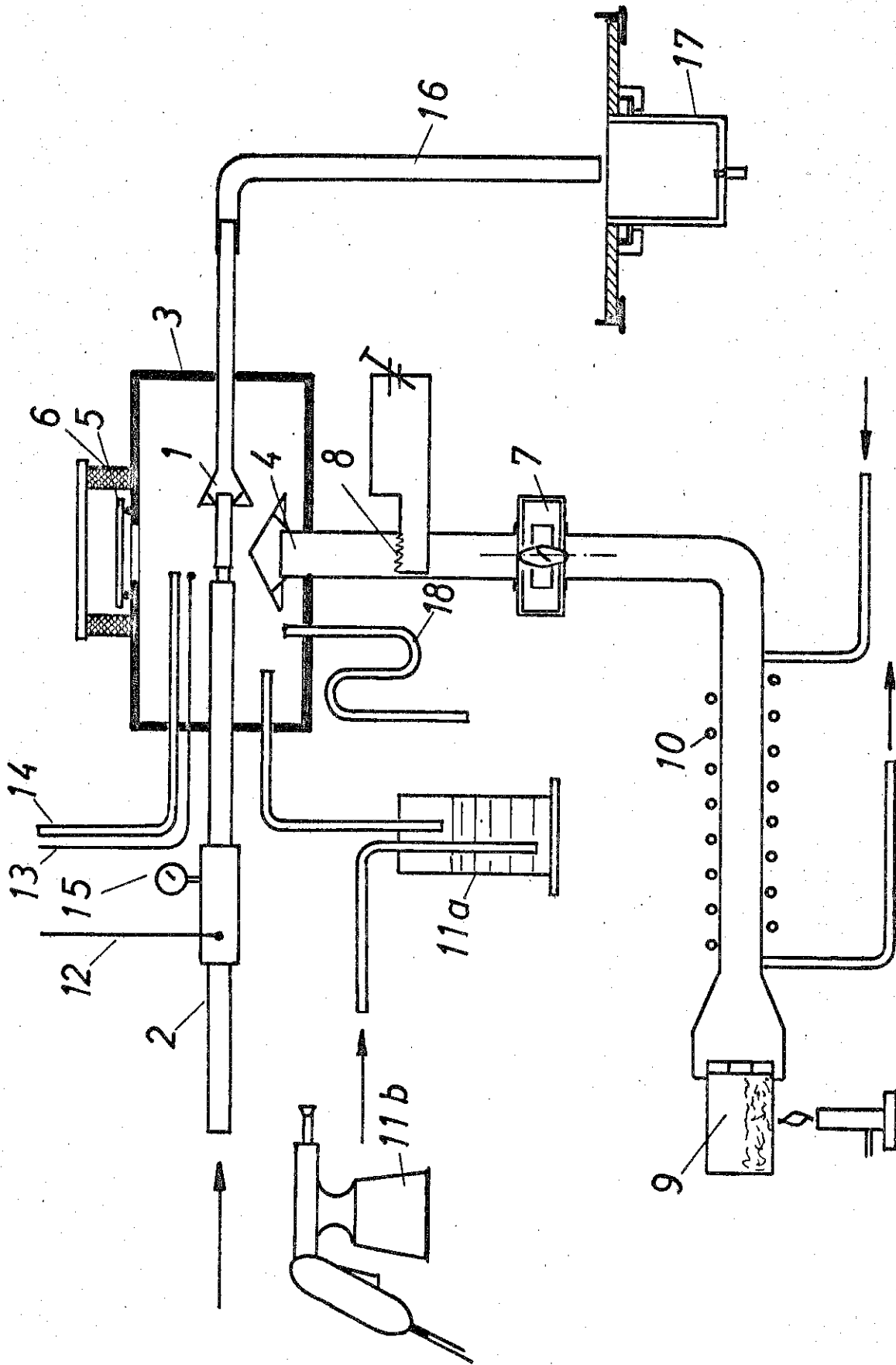


Bild 1 Erweiterung der Schaumentnahmeverrichtung nach 2

- | | | | | | |
|---|---------------|-----|---------------------------|--------|--------------------|
| 1 | Schaumrohr | 7 | Lüfter | 12, 13 | Thermolemente |
| 2 | Zuleitung | 8 | Heizwendel | 14 | Absaugleitung |
| 3 | Ansaugkasten | 9 | Rauchgasgenerator | 15 | Manometer |
| 4 | Luftrohr | 10 | Kühlschlange | 16 | Schaumentnahmerohr |
| 5 | Flatterventil | 11a | Einblasvorrichtung | 17 | Probenbehälter |
| 6 | Filter | 11b | Elektrische Spritzpistole | | |

Schaummittel 1 P

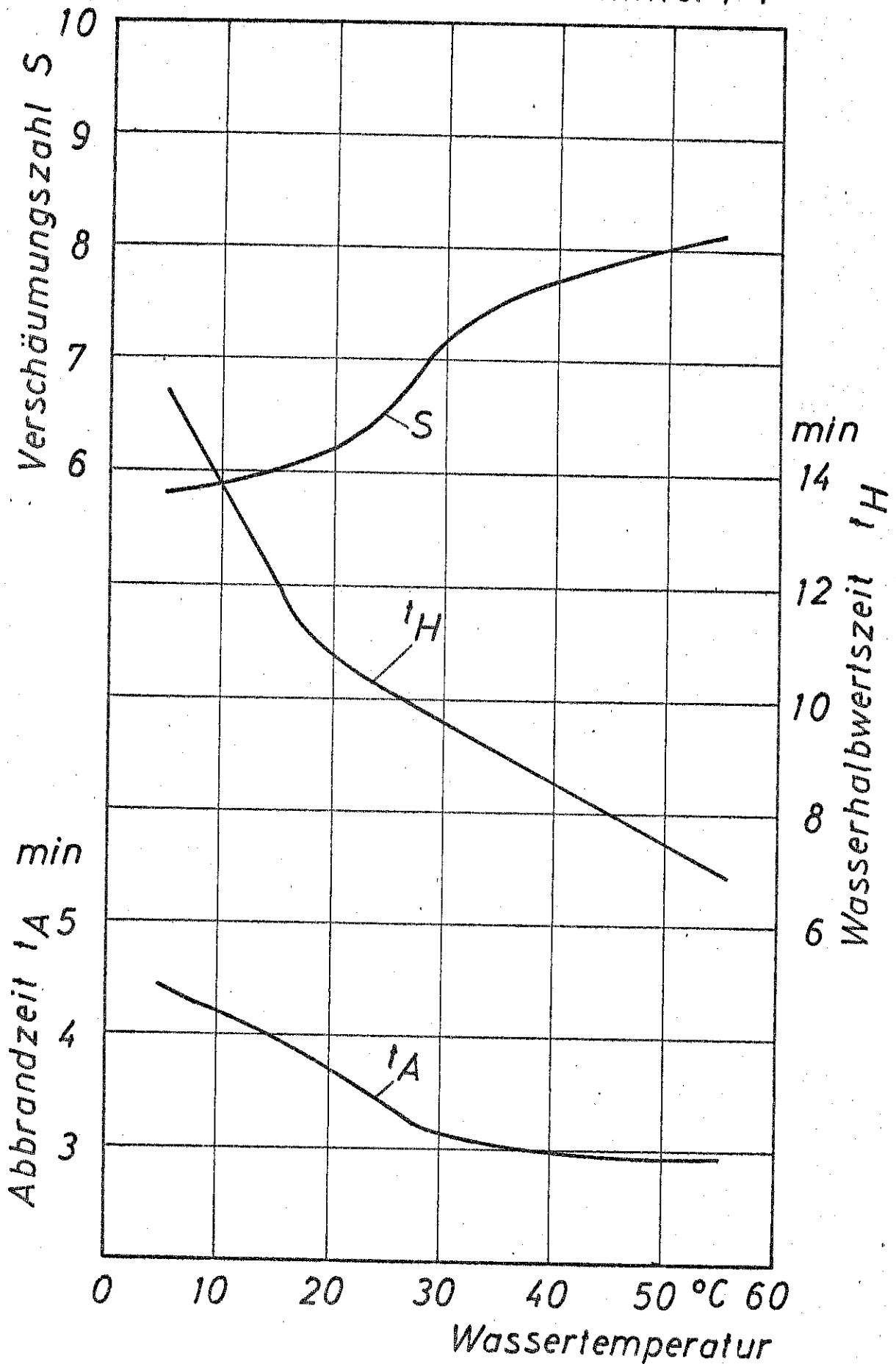


Bild 2 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Schaummittel 2 P

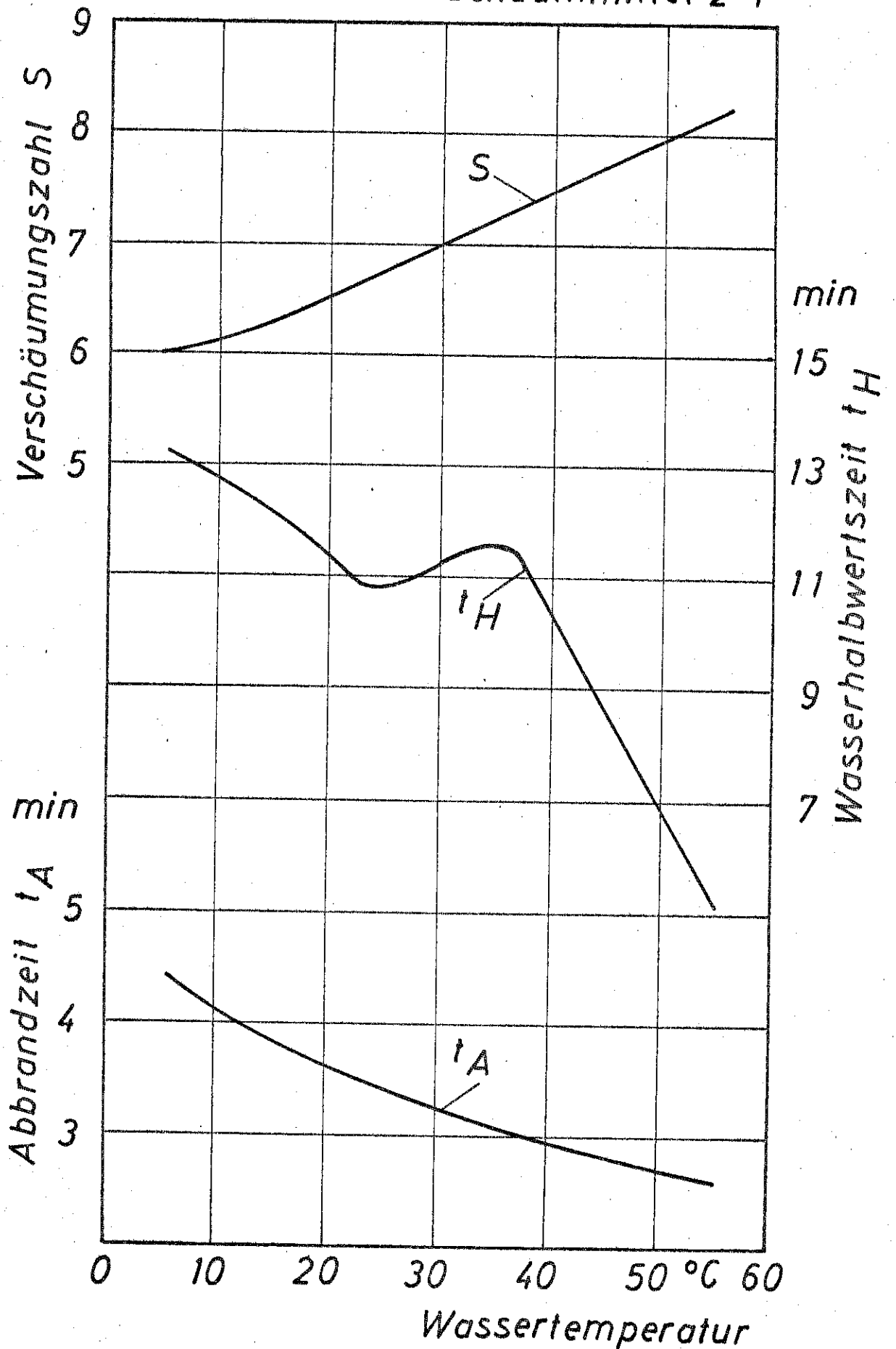


Bild 3 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Schaummittel 6 P

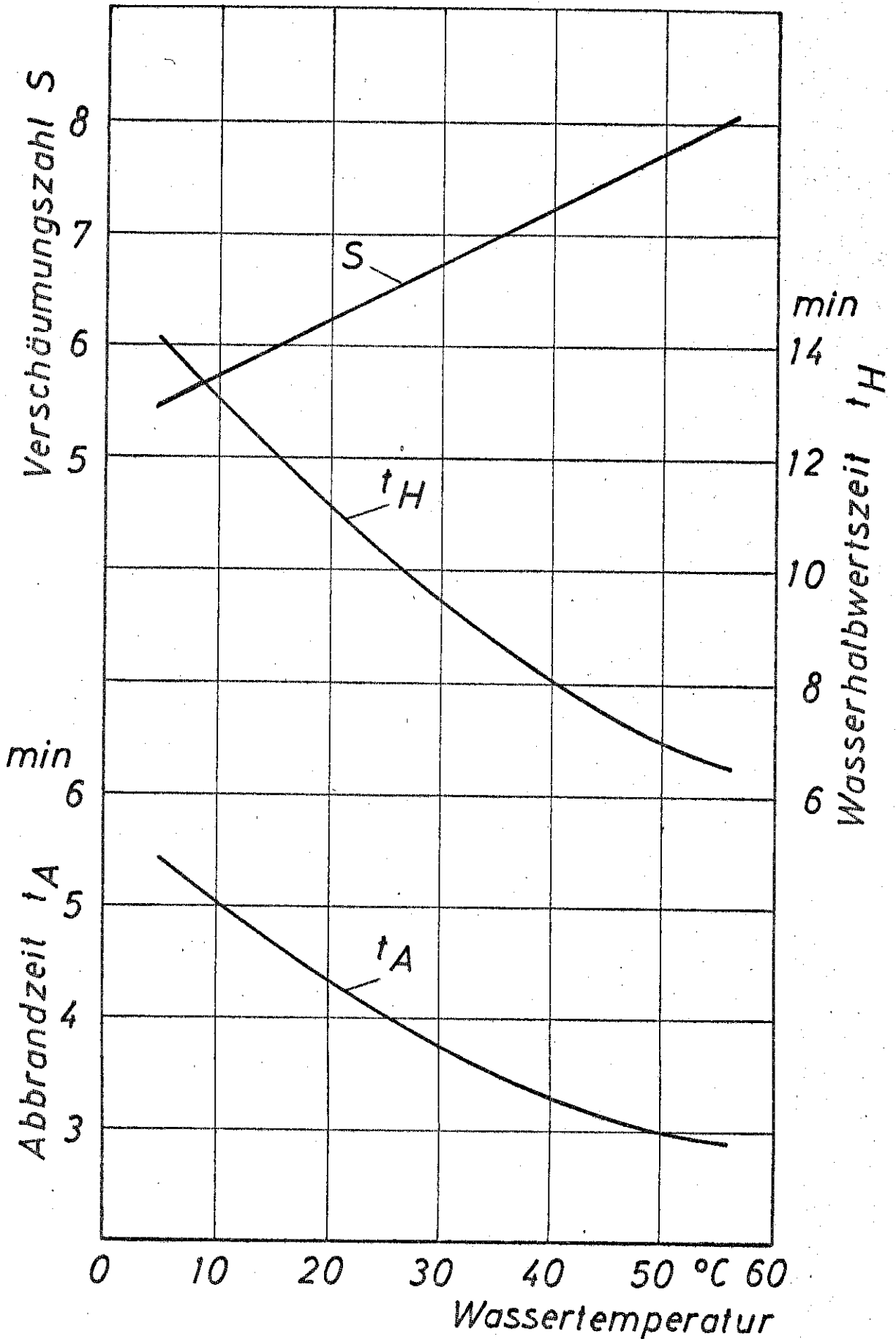


Bild 4 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Schaummittel 7 P

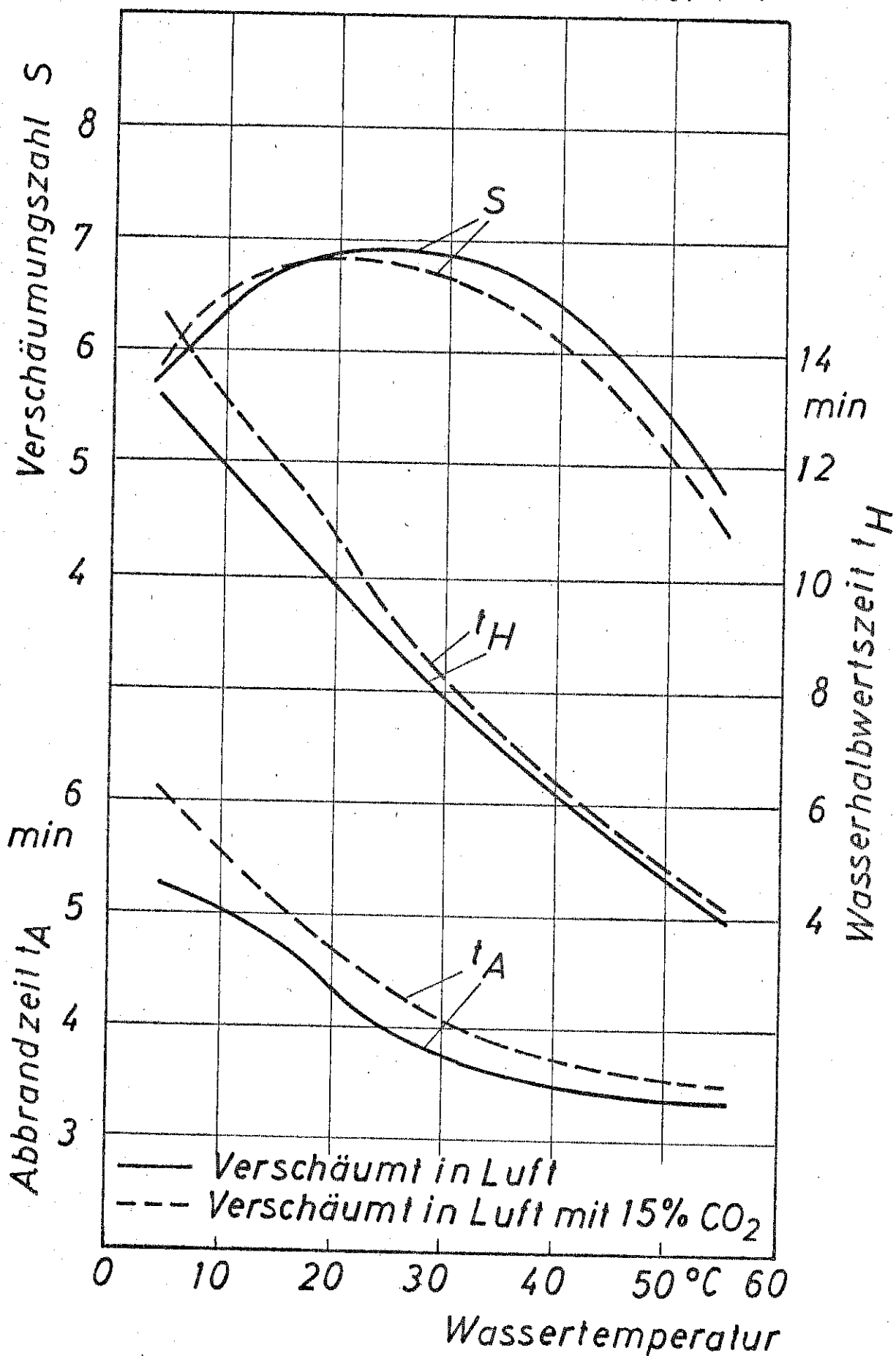


Bild 5 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Schaummittel 3 M

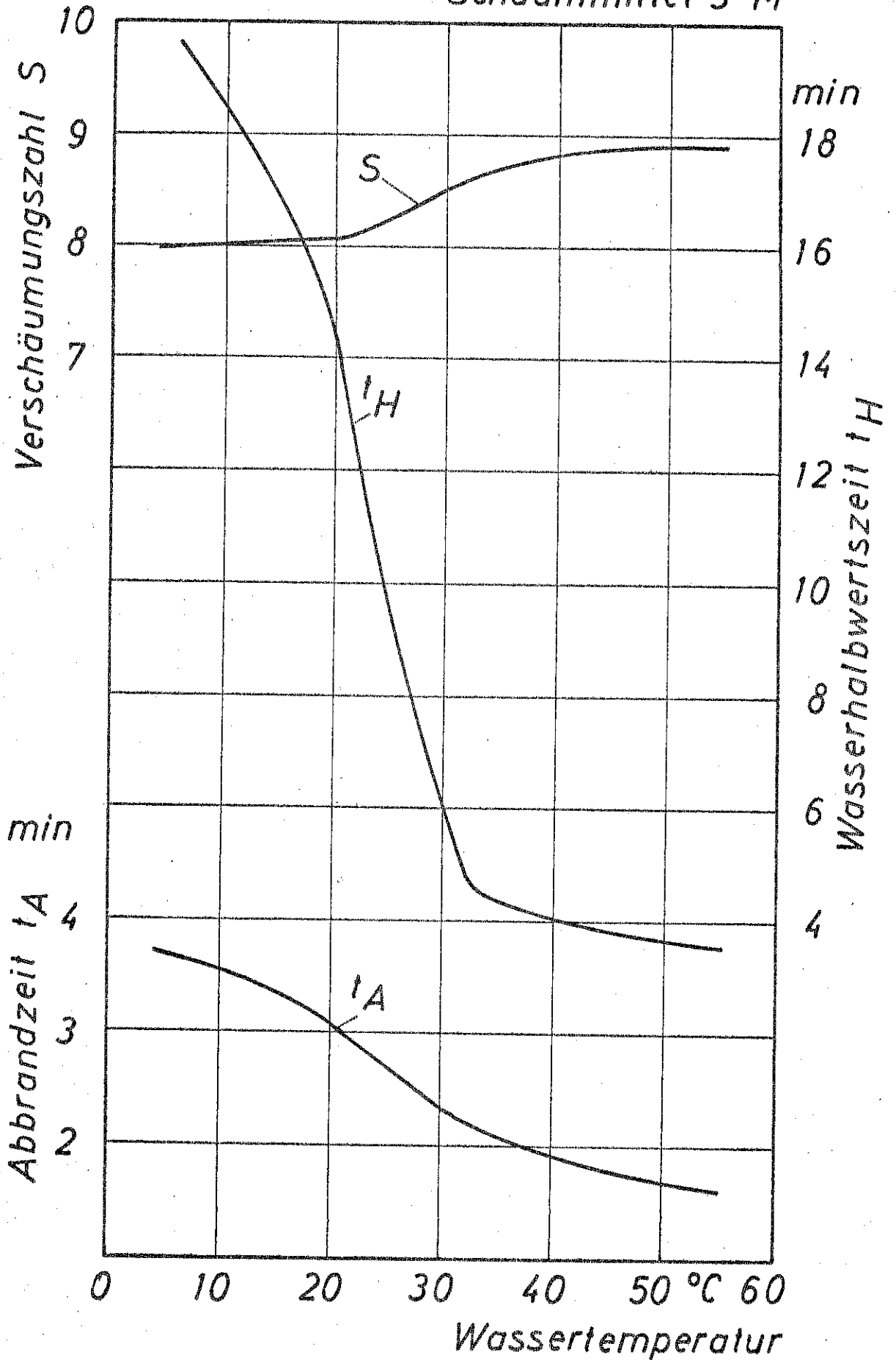


Bild 6 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Schaummittel 4 M

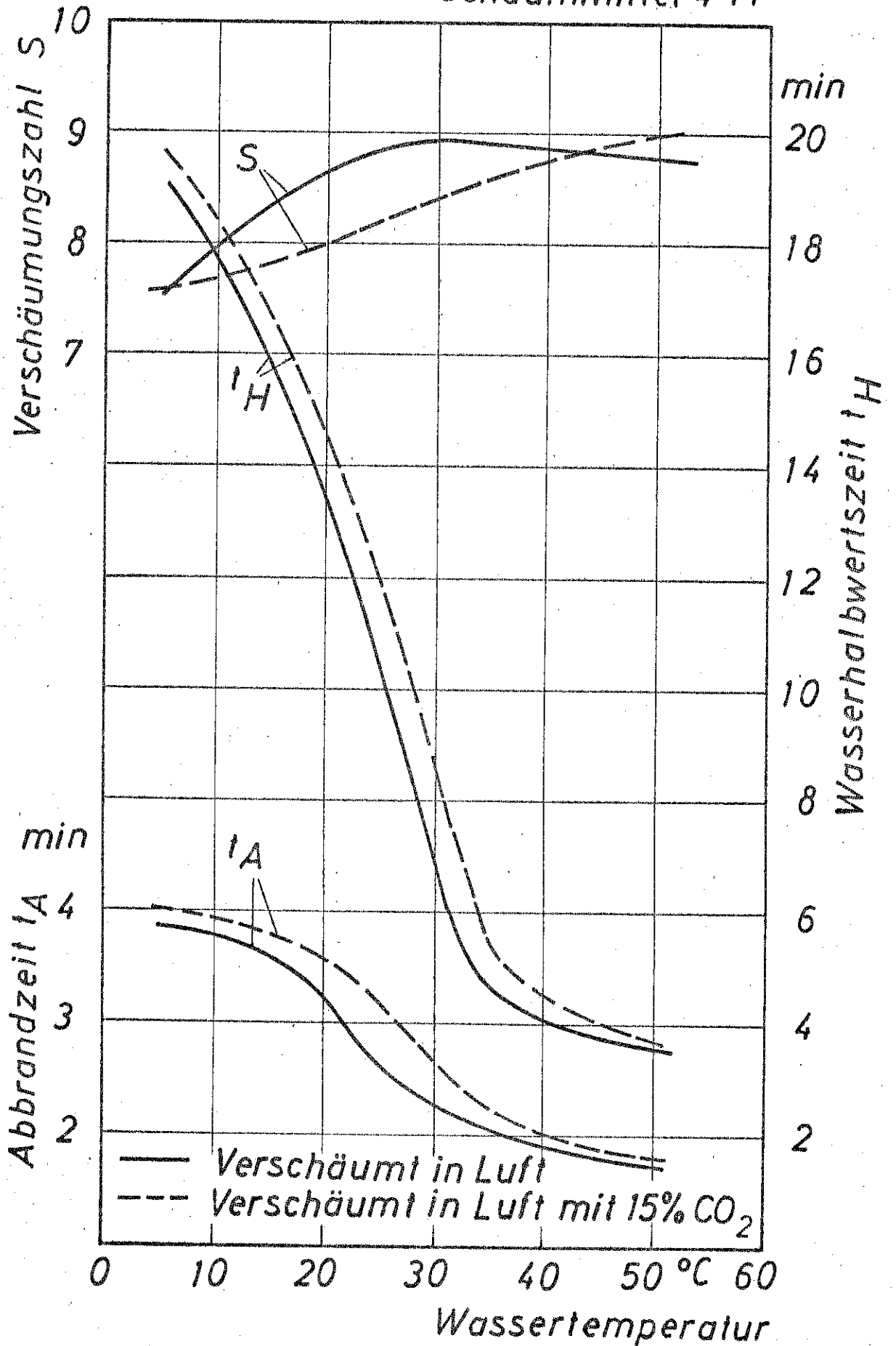


Bild 7 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar

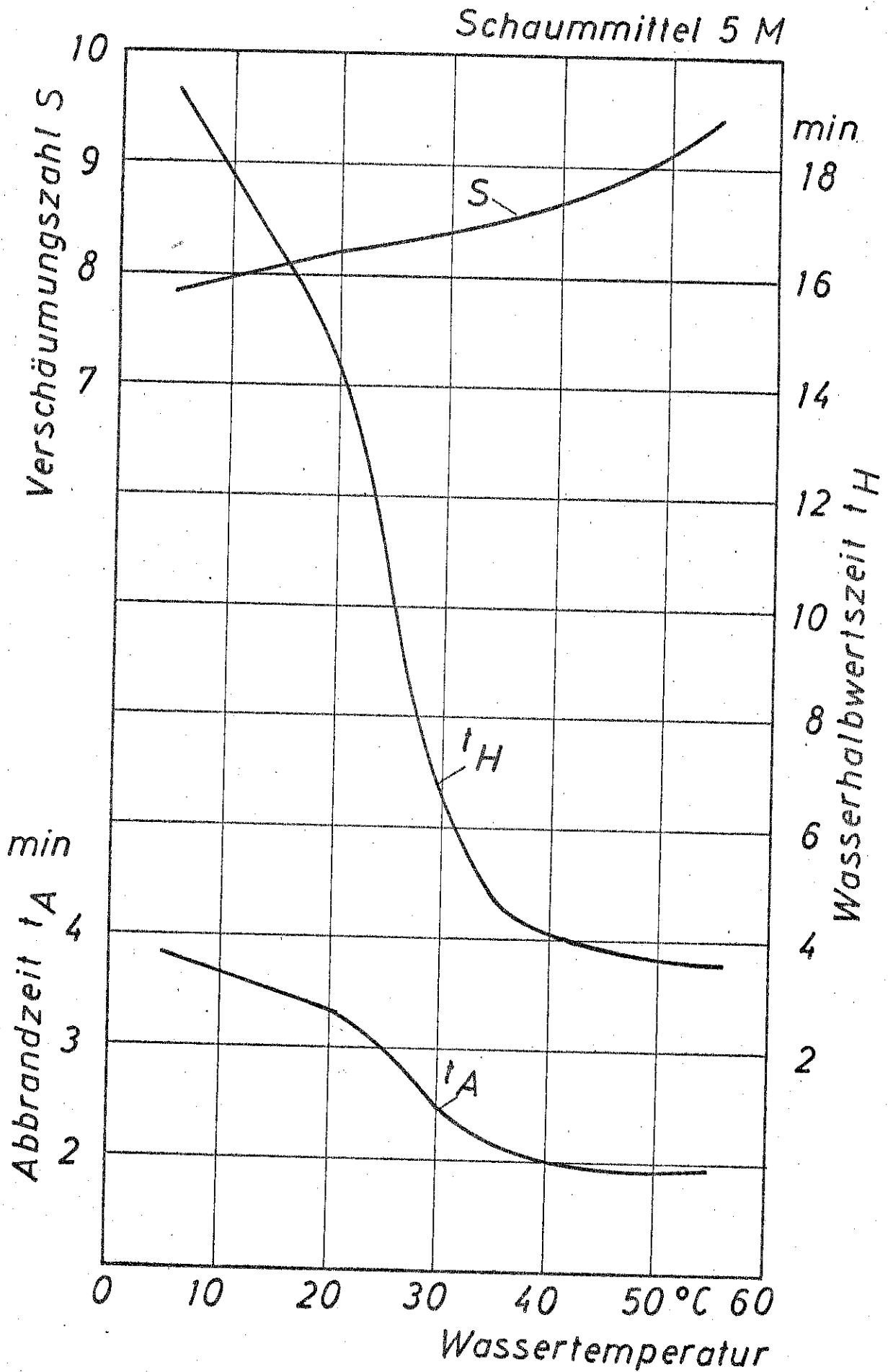


Bild 8 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar

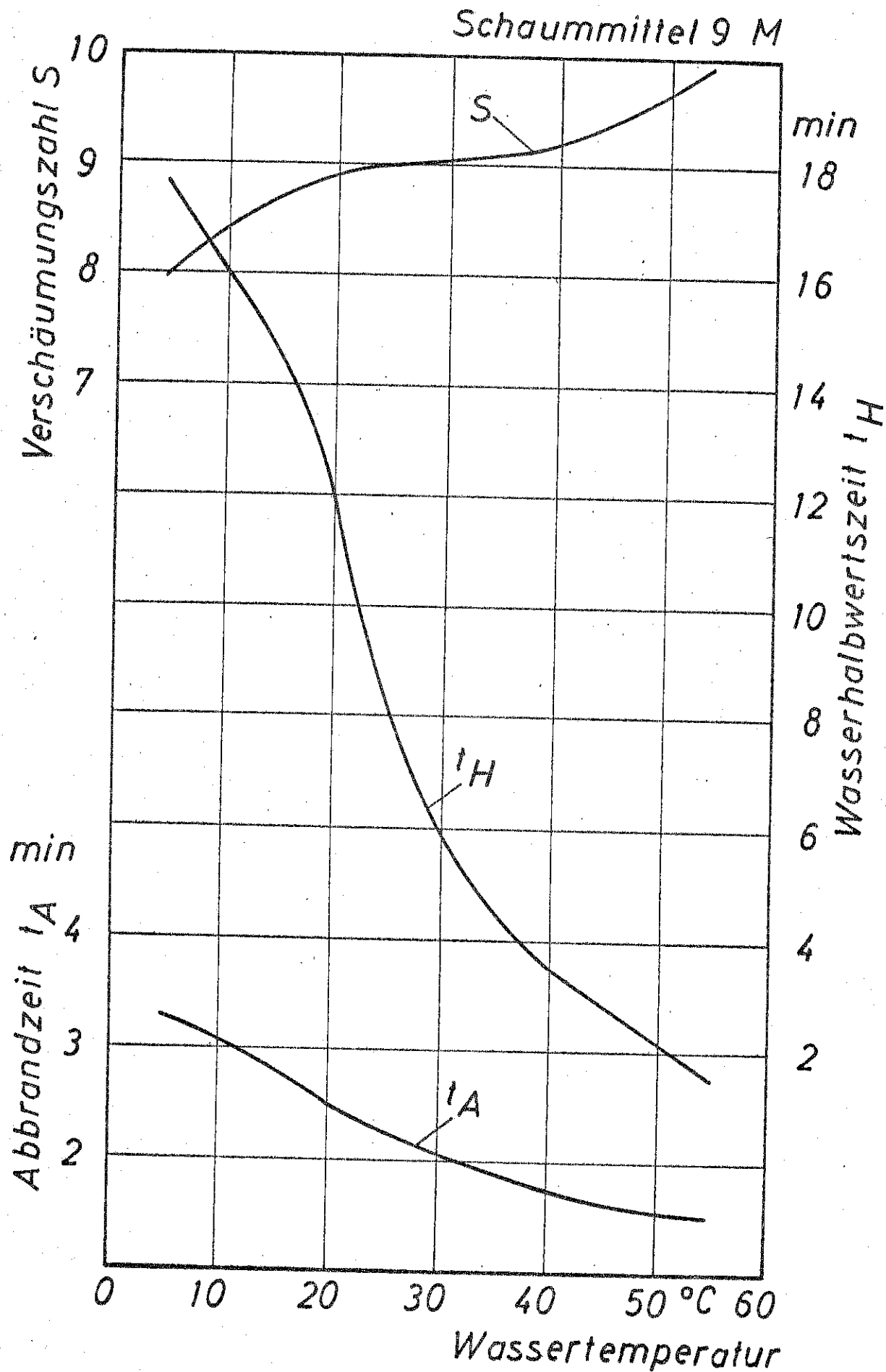


Bild 9 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar

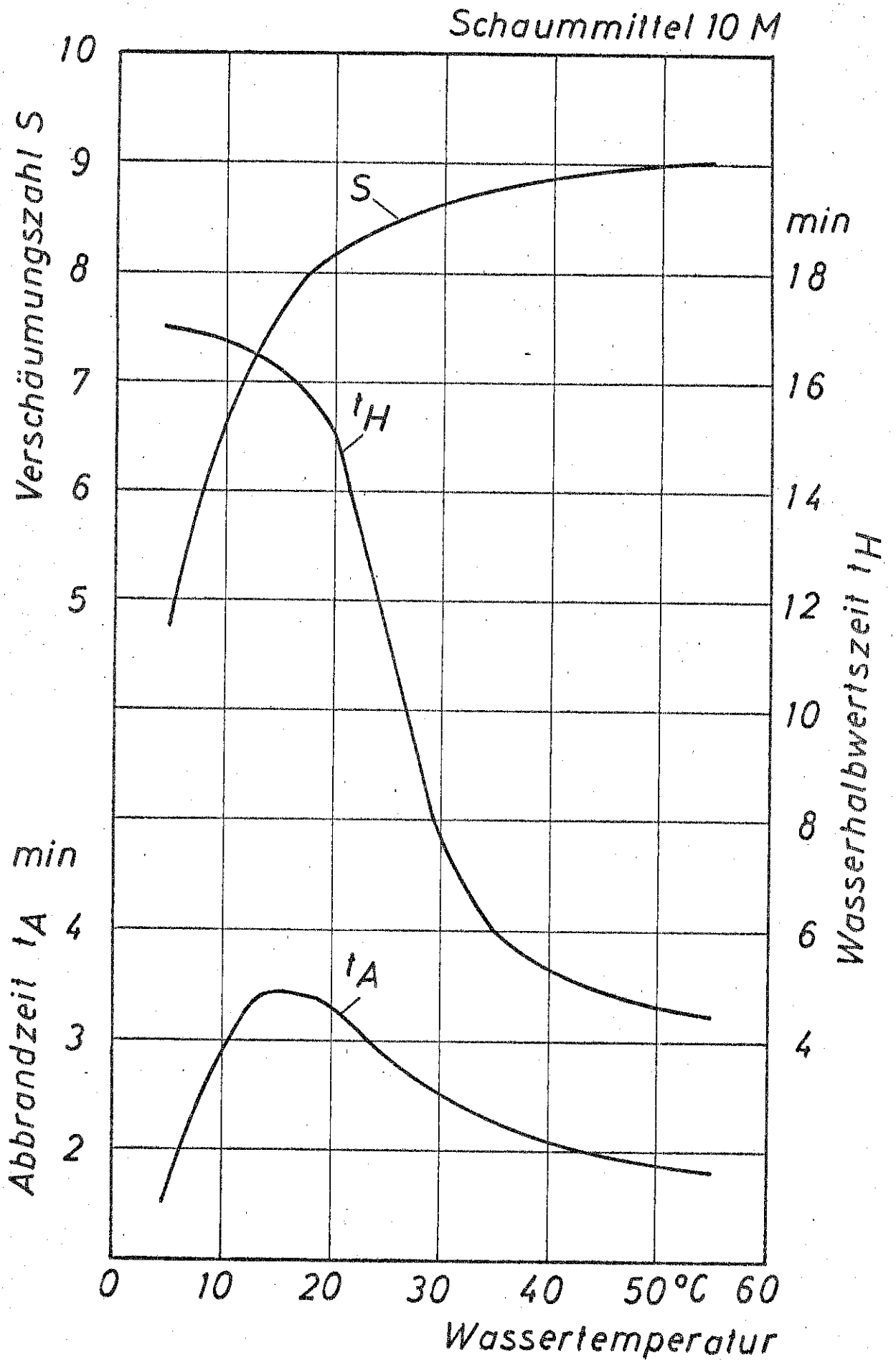
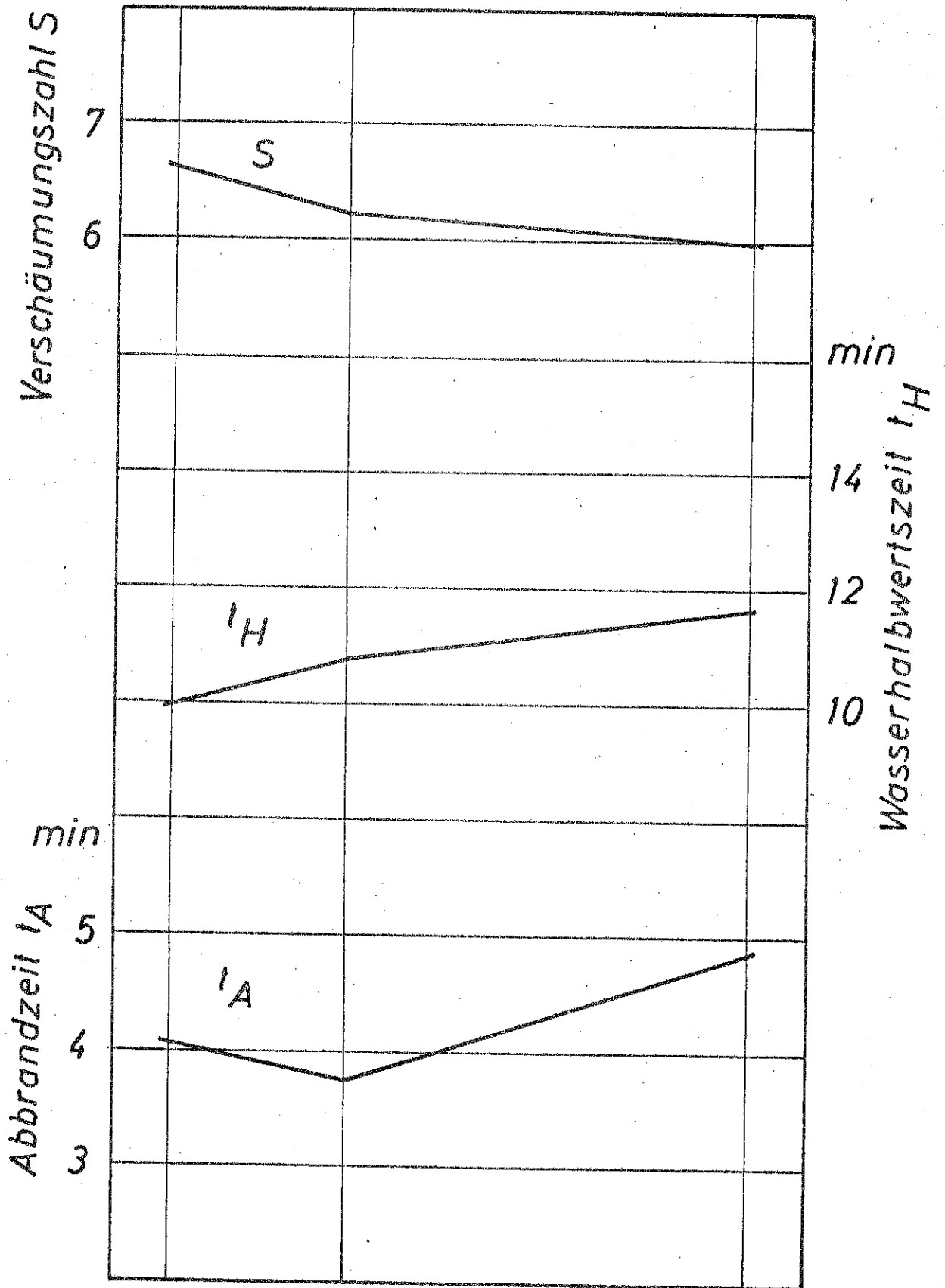


Bild 10 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wassertemperatur
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Schaummittel 1 P

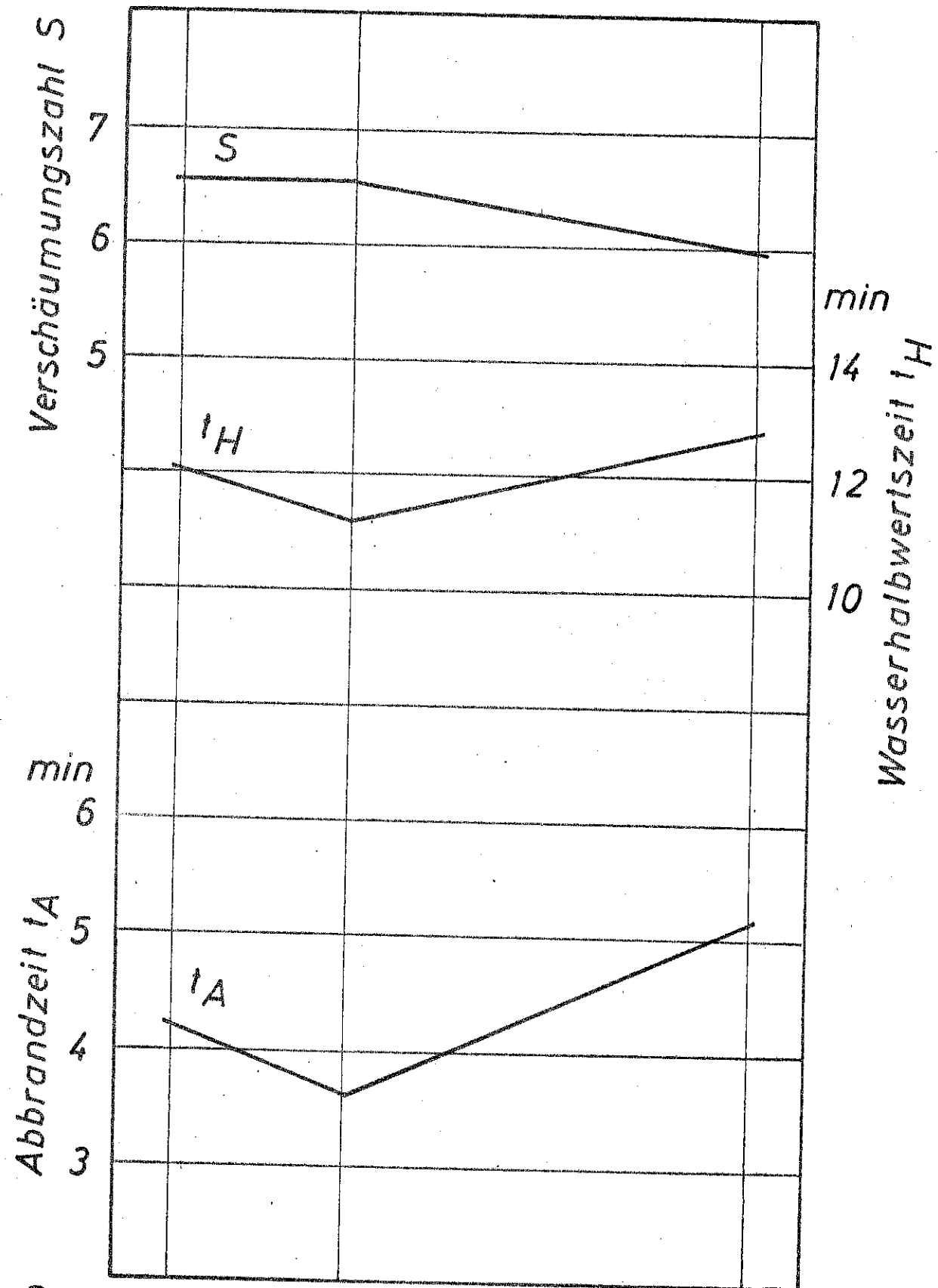


Demin. Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900

DH ≈ 15

Bild 11 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

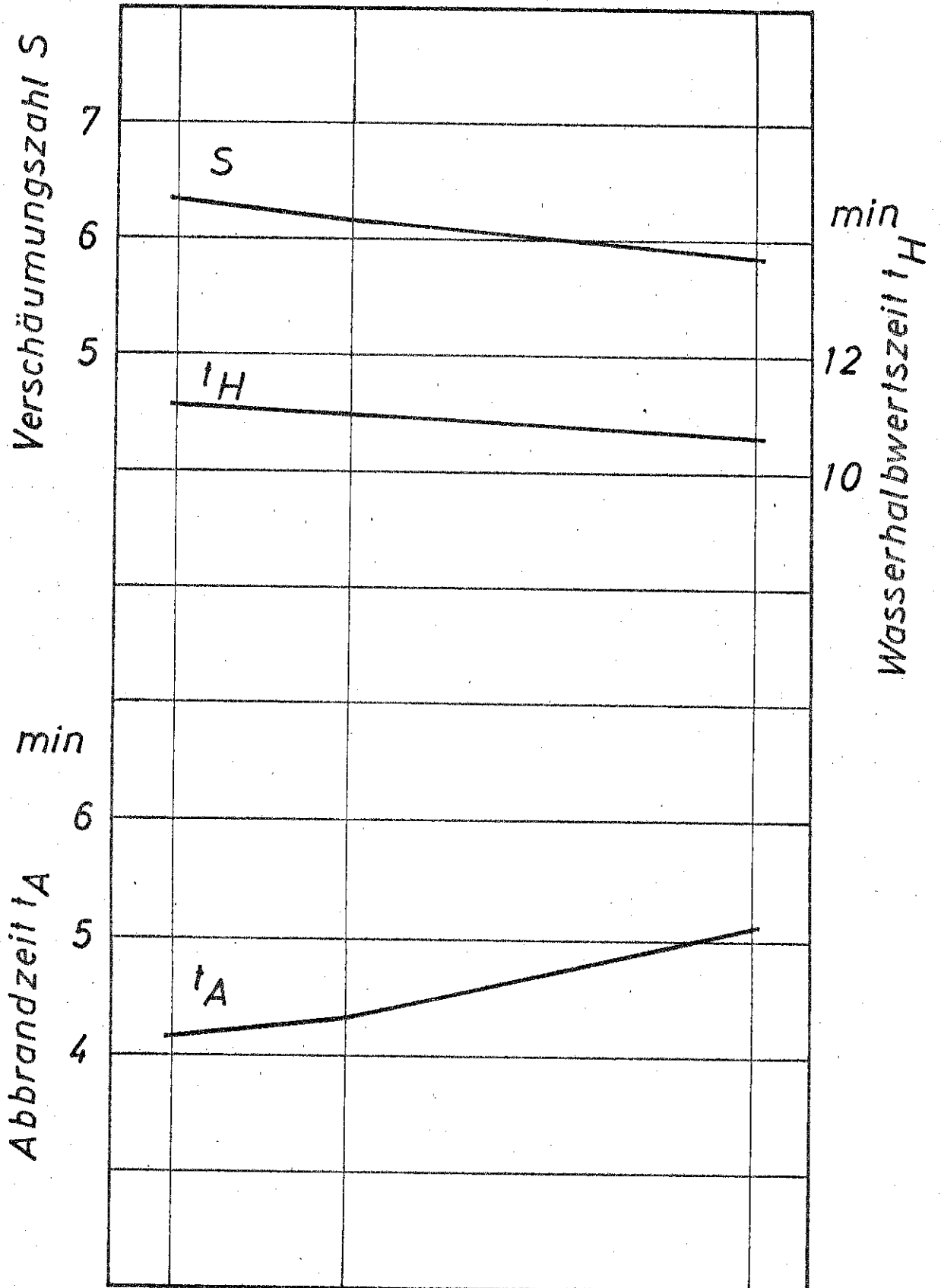
Schaummittel 2 P



Demin. Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900
DH ≈ 15

Bild 12 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 6 P



Demin.Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900

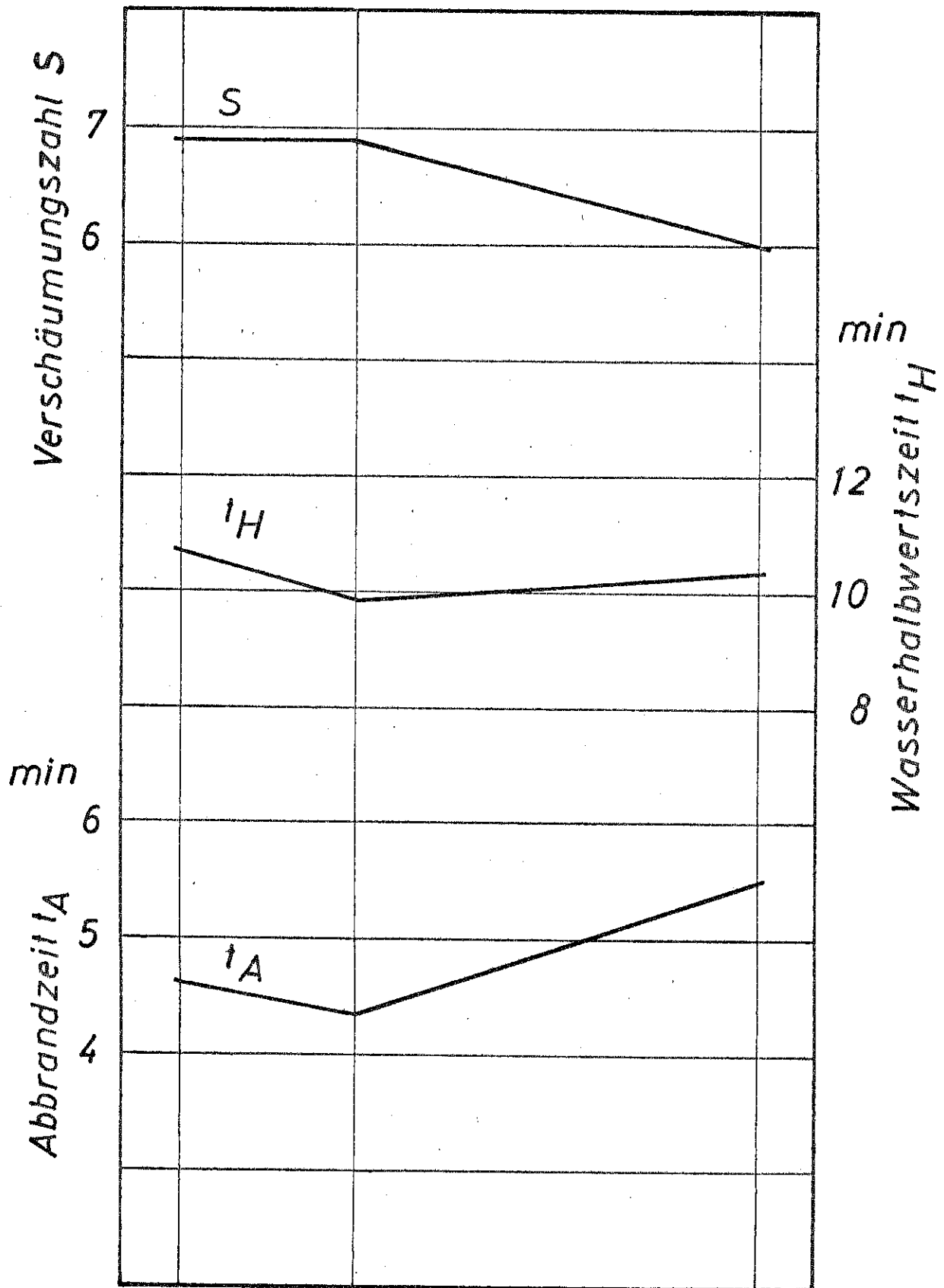
DH ≈ 15

Bild 13 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte

Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar

Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 7 P

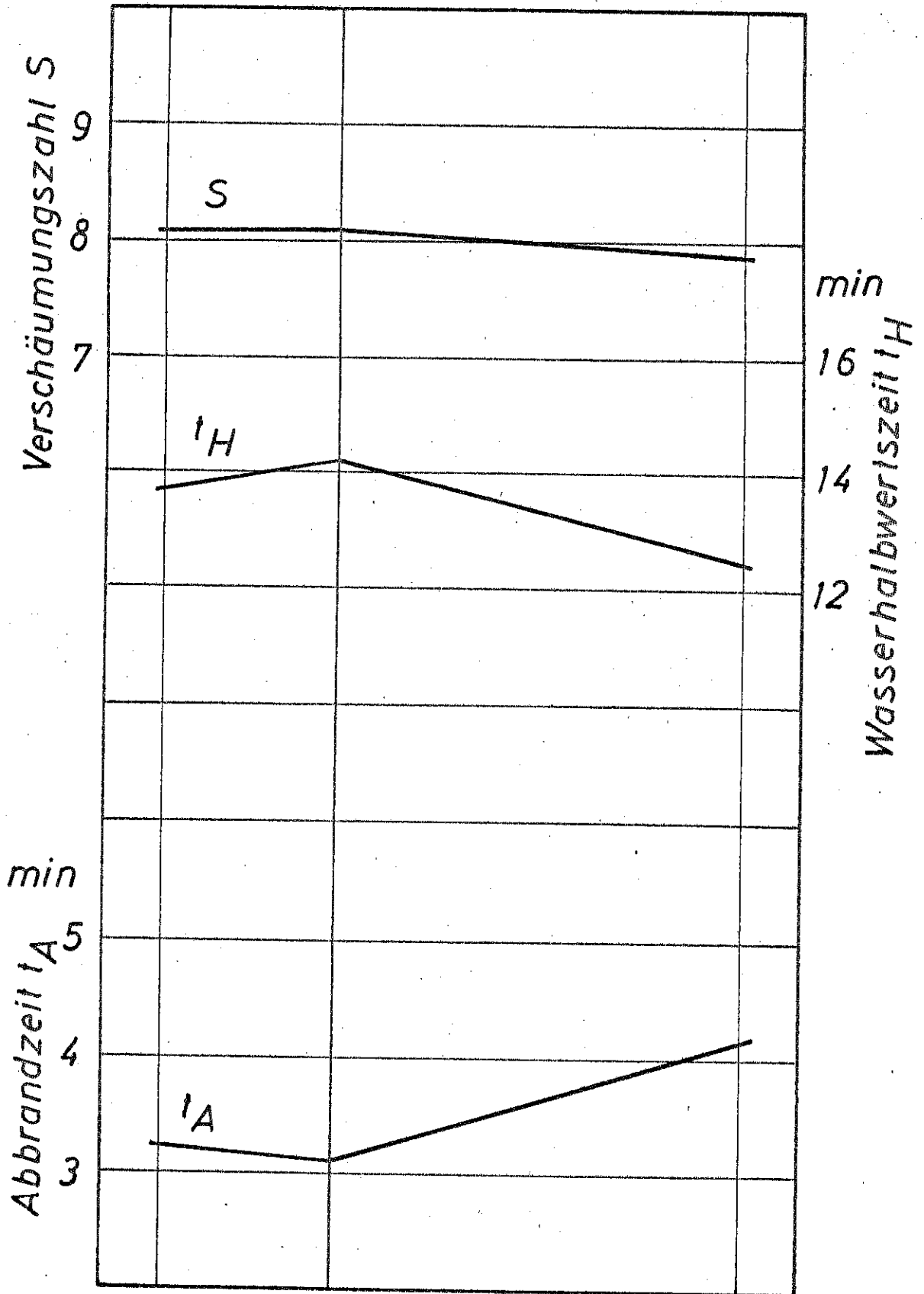


Demin. Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900

DH ≈ 15

Bild 14 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 3 M

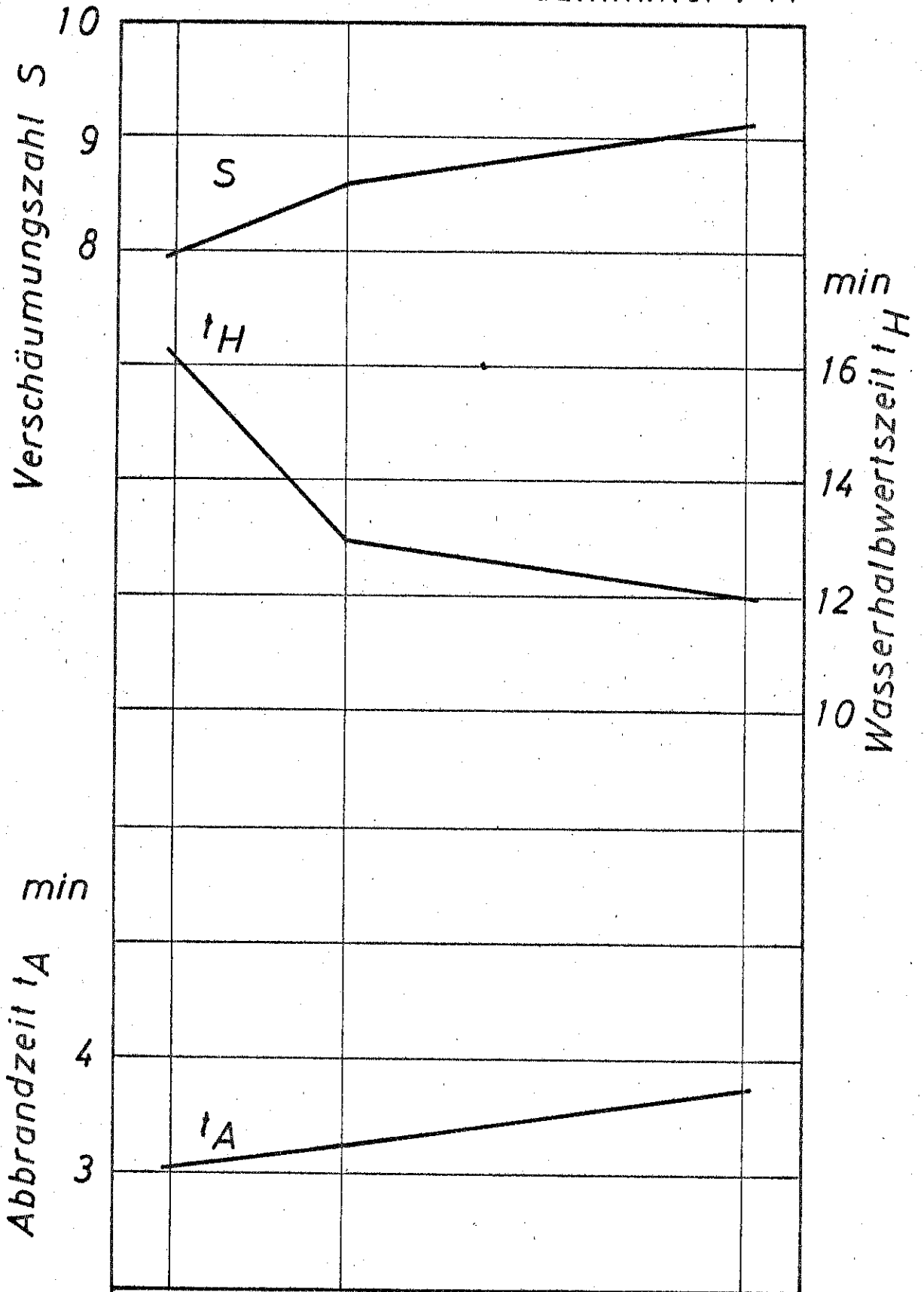


Demin. Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900

DH ≈ 15

Bild 15 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 4 M

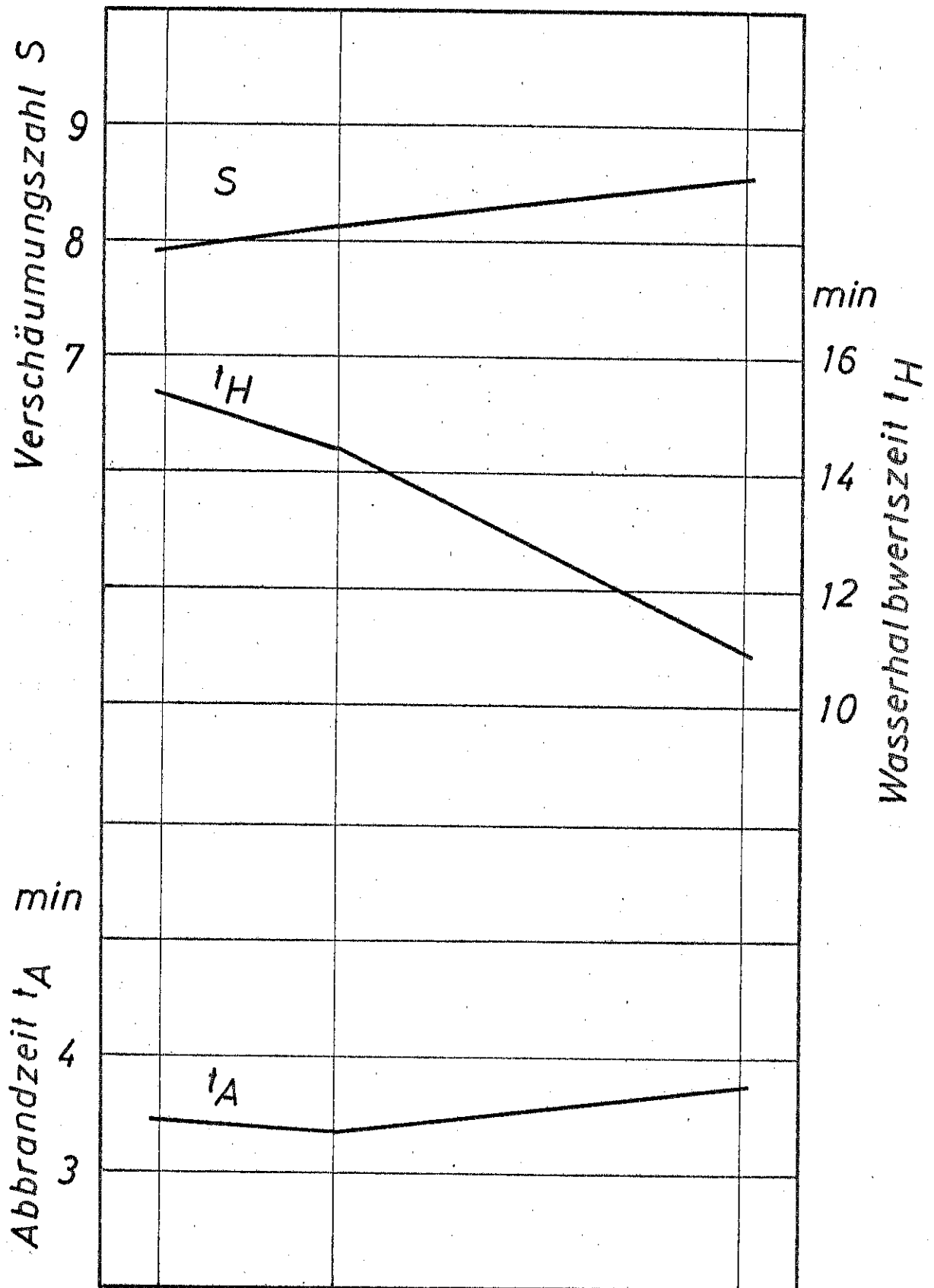


Demin. Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900

DH ≈ 15

Bild 16 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 5 M



Demin.Wasser Leitungswasser Künstl.Meerwasser
nach DIN 50900

DH ≈ 15

Bild 17 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 9 M

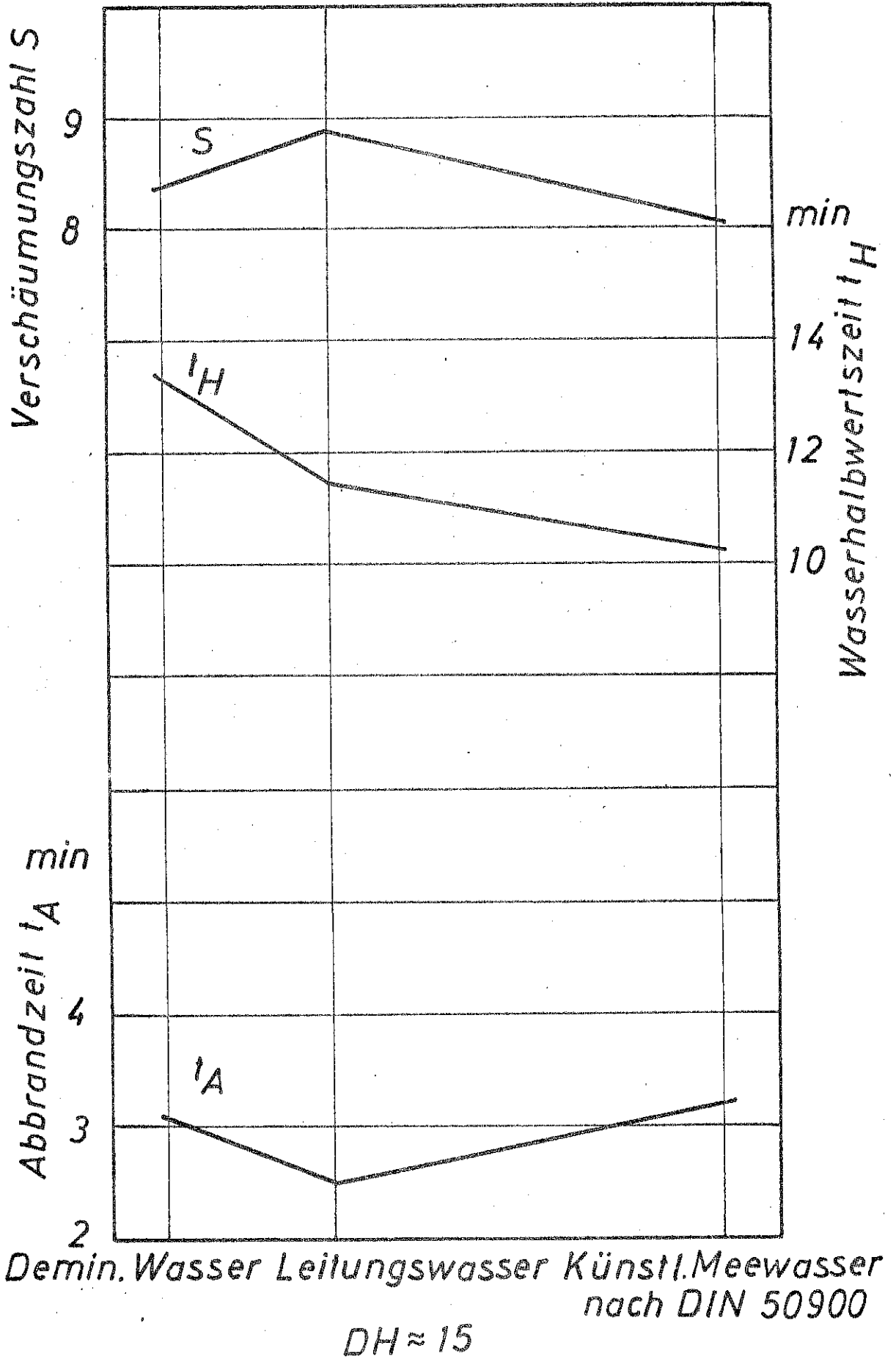
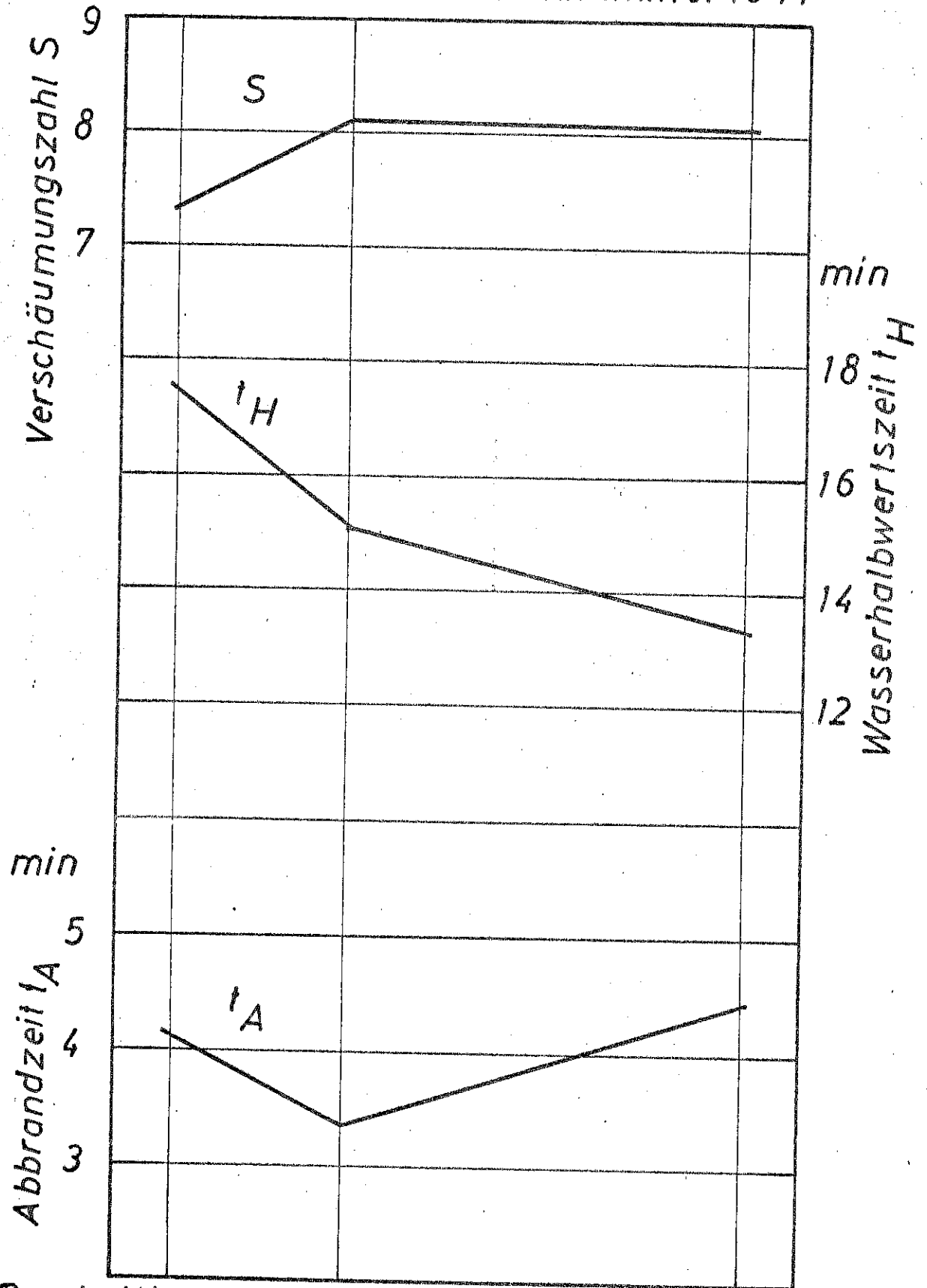


Bild 18 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel 10 M



Demin. Wasser Leitungswasser Künstl. Meerwasser
nach DIN 50900

DH ≈ 15

Bild 19 Abhängigkeit der Schaumkenngrößen von der Wasserhärte
Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar
Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

Schaummittel P 1

Verschäumungszahl S

Zusatz zur Luft

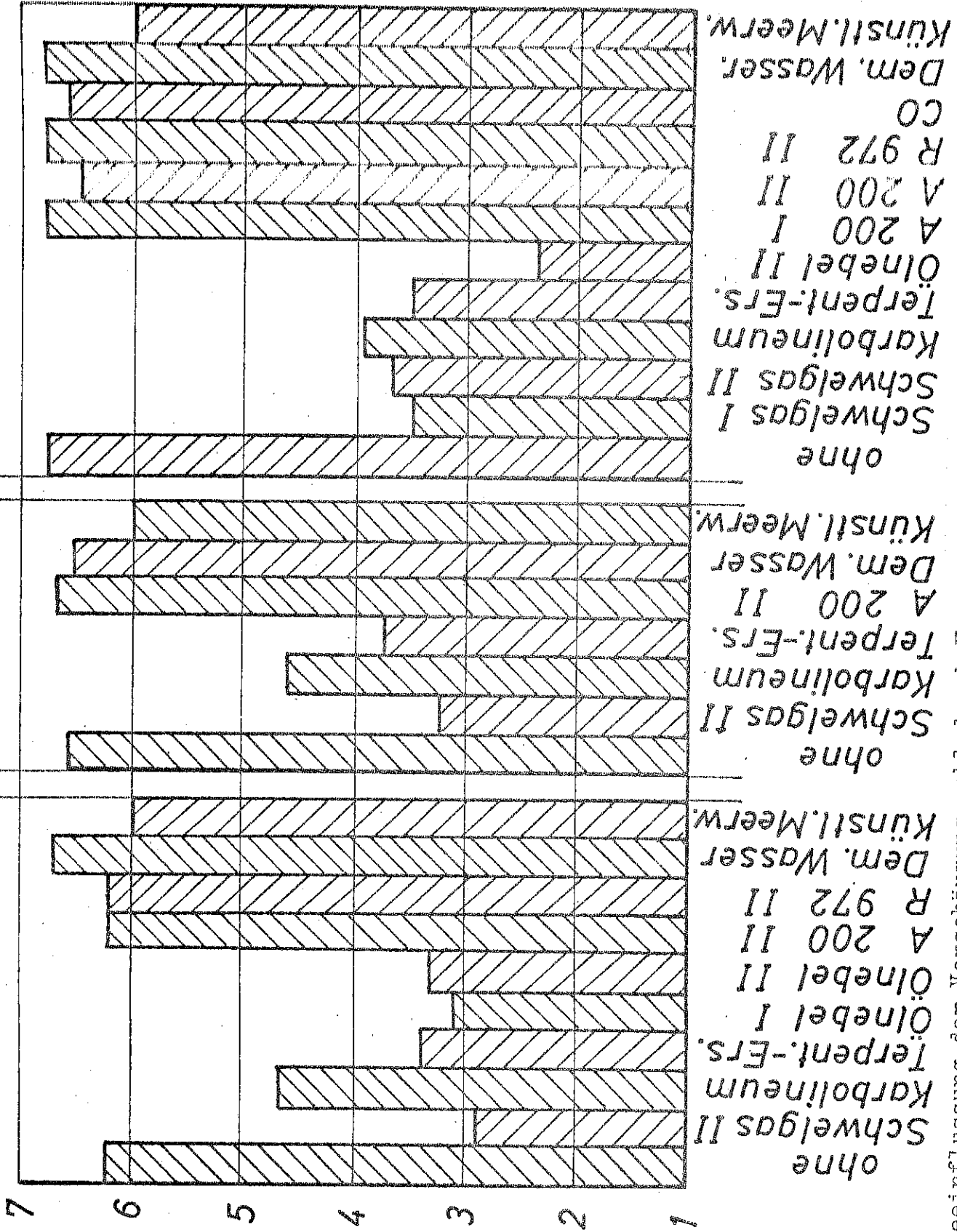


Bild 20 Beeinflussung der Verschäumungszahl durch Verunreinigungen der angesaugten Luft
Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar, Temperatur der Schaummittellösung 20°C

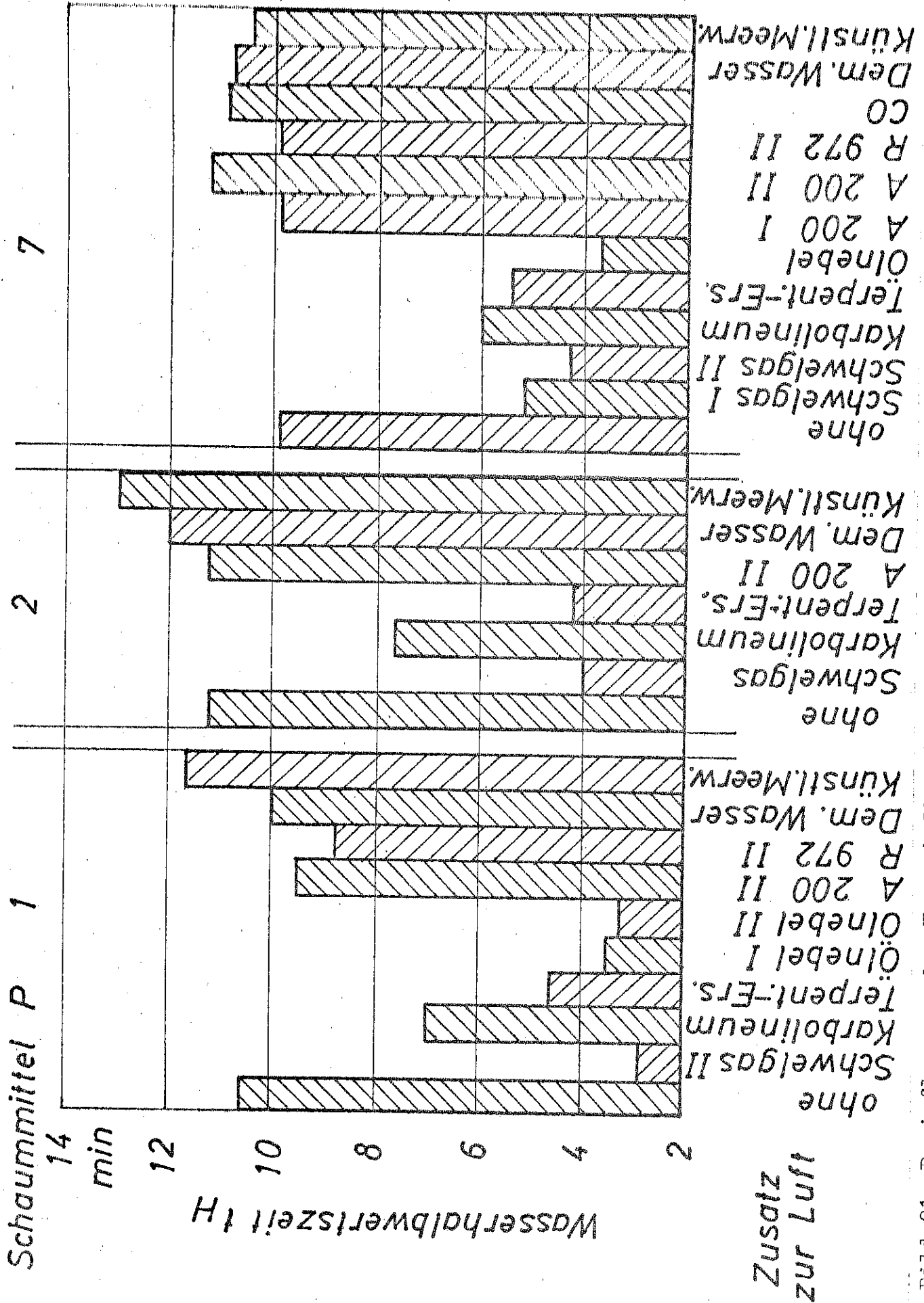


Bild 21 Beeinflussung der Wasserhalbwertzeit durch Verunreinigungen der angesaugten Luft
 Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar, Temperatur der Schaummittellösung 20°C

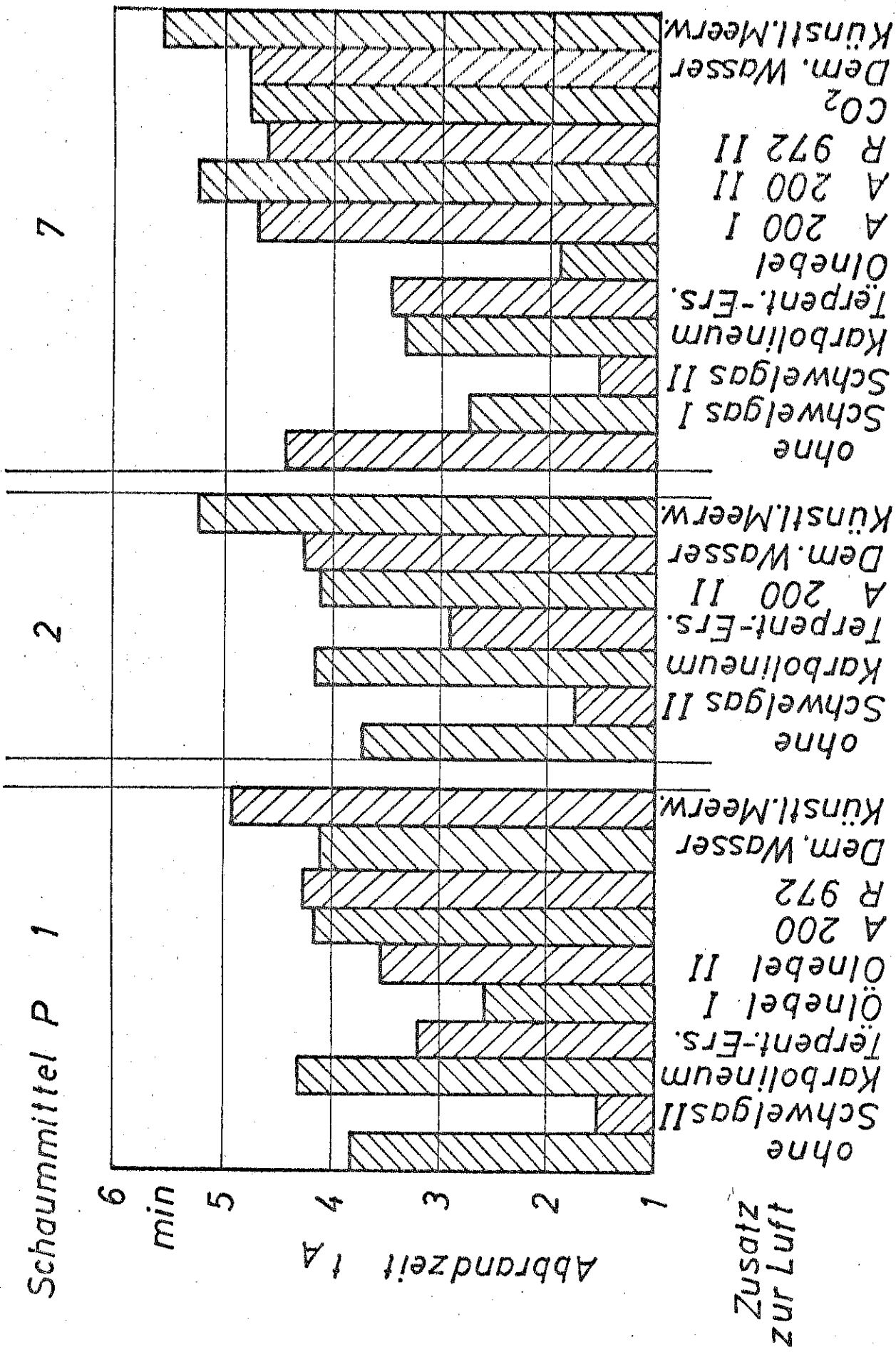


Bild 22 Beeinflussung der Abbrandzeit durch Verunreinigungen der angesaugten Luft
 Zumischung 3 %, Verschäumungsdruck 5 bar, Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

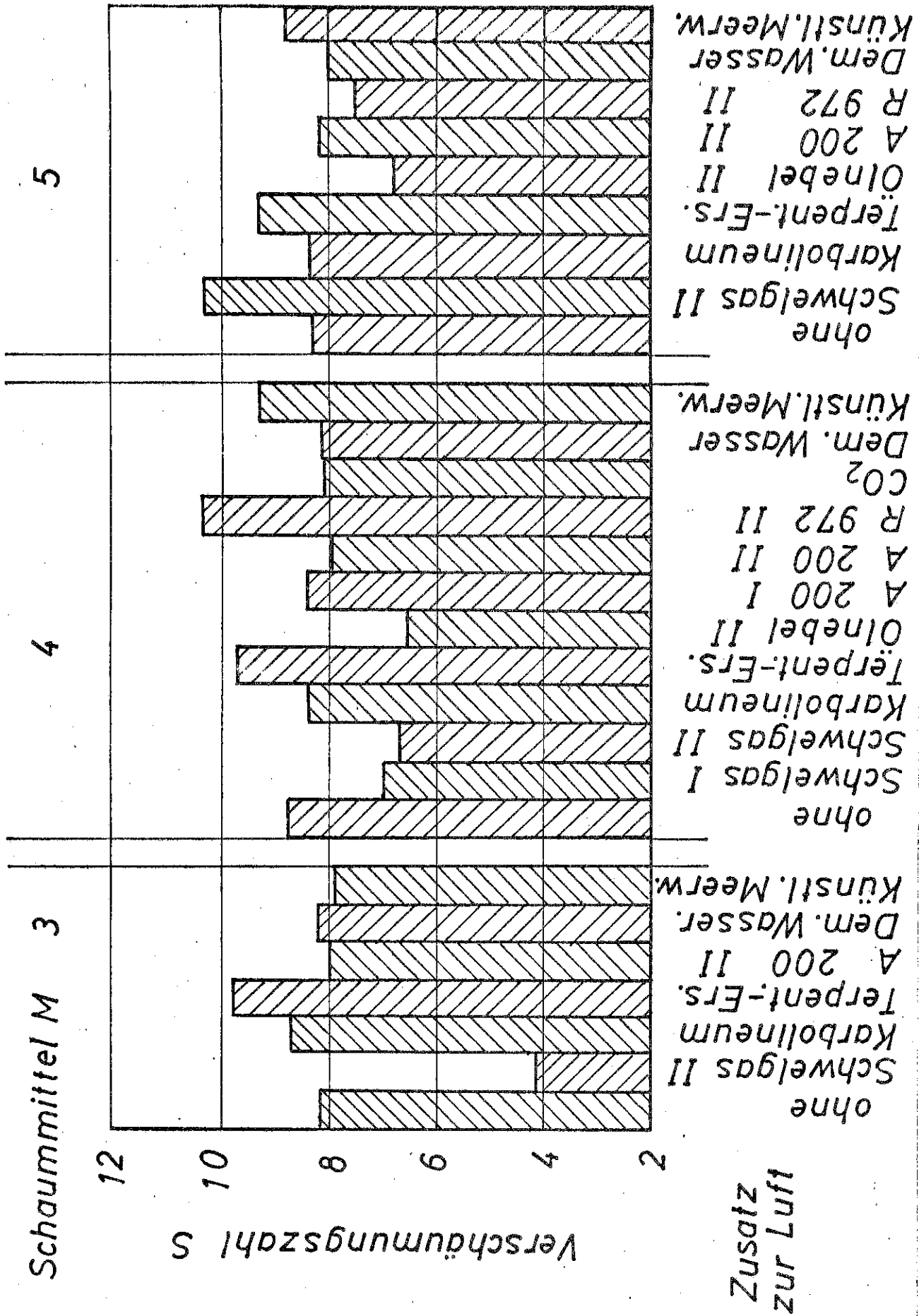


Bild 23 Beeinflussung der Verschäumungszahl durch Verunreinigungen der angesaugter Luft
 Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar, Temperatur der Schaummittellösung 20 °C

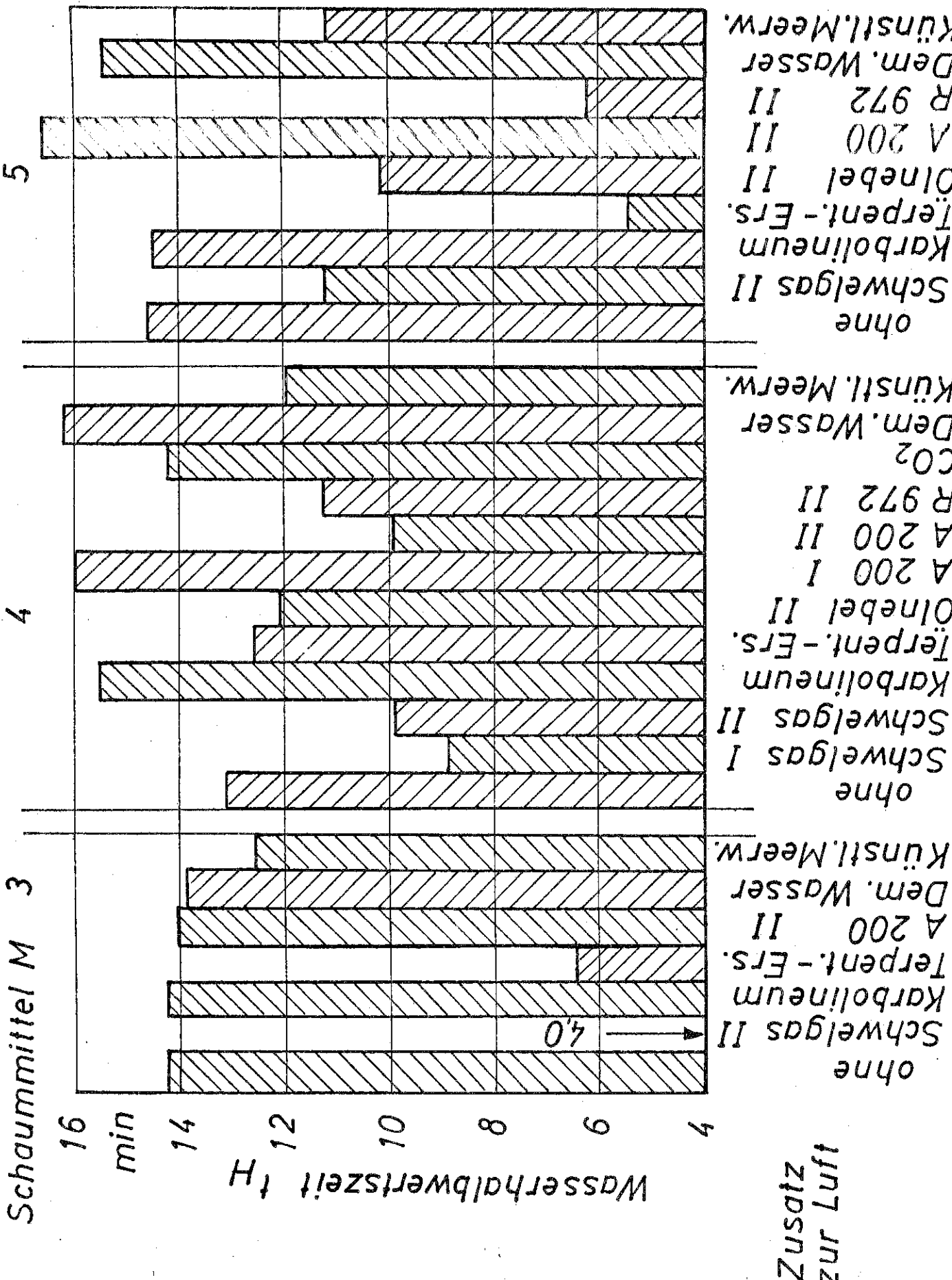


Bild 24 Beeinflussung der Wasserhalbwertszeit durch Verunreinigungen der angesaugten Luft
 Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar, Temperatur der Schaummittellösung 20°C

Zusatz
zur Luft

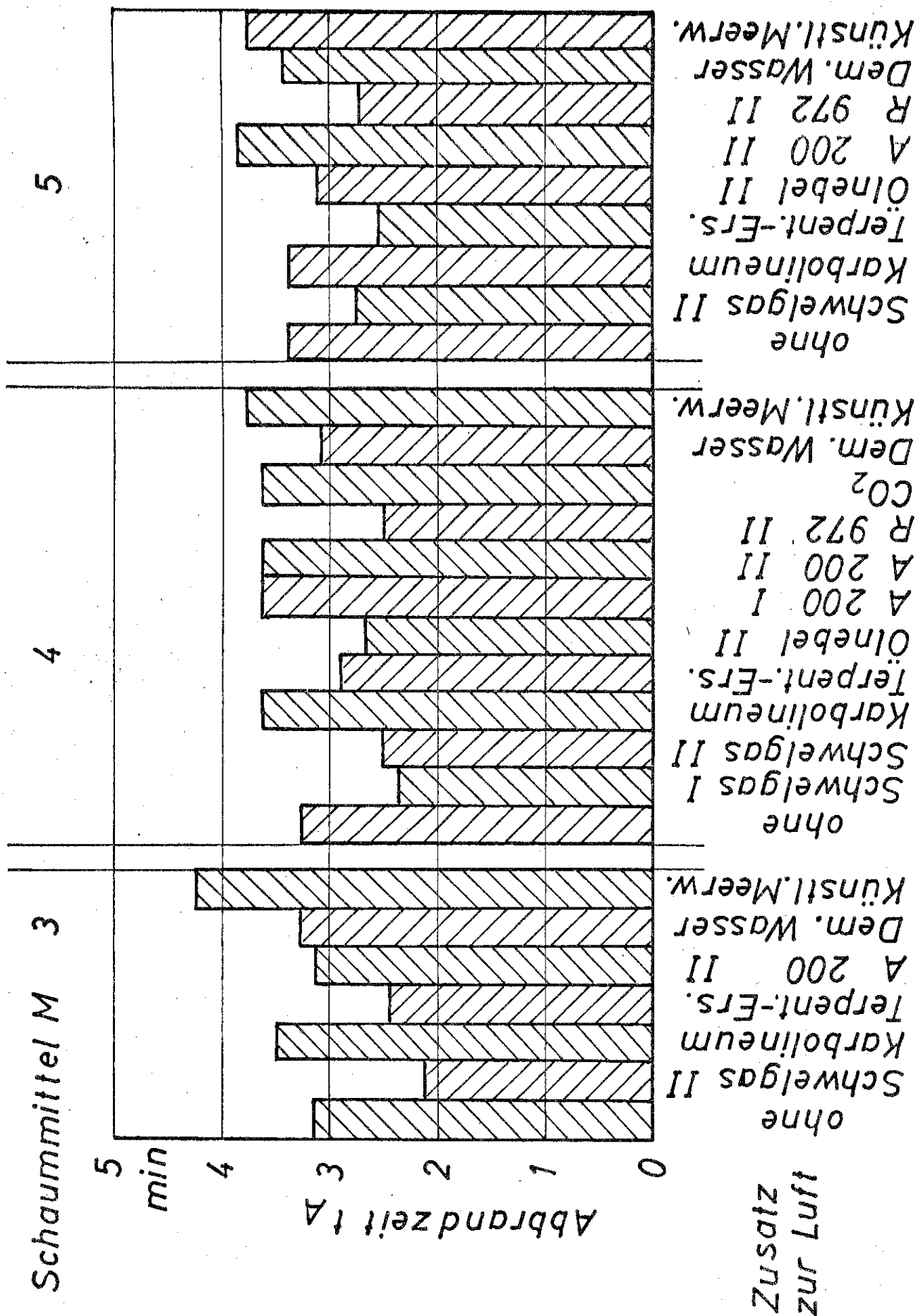


Bild 25 Beeinflussung der Abbrandzeit durch Verunreinigungen der angesaugten Luft
 Zumischung 1,5 %, Verschäumungsdruck 5 bar, Temperatur der Schaummittellösung 20°C