

4. Zusammenfassung

Die breite Praxisanwendung der vorgestellten Ergebnisse zur Warmwasser-Spritzreinigung dient der Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts auf diesem Gebiet. Die Voraussetzungen für den teilstationären Einsatz der Warmwasser-Spritzreinigungsgeräte in Tierproduktionsanlagen sind gegeben. Diese Aussage bezieht sich vor allem auf die Berechnung der wichtigsten Kenngrößen einer stationären Rohrleitung, wie Druckverlust, Wärmeverlust, Temperaturabfall, thermische Dehnung in Abhängigkeit von den Parametern an den Austrittsöffnungen der Waschküsen der Reinigungsgeräte und die Ermittlung der funktionellen Zusammenhänge. Grundlage der Berechnungen war, daß die Stoffwerte auf den stationären Zustand bezogen sind. Dabei ist die Temperatur des Wassers $t_w = 80^\circ\text{C}$ über die gesamte Rohrlänge konstant angenommen,

obwohl infolge des Wärmeverlustes ein nicht linearer Abfall zu erwarten ist. Der tatsächliche Rohrlängenspezifische Wärmeverlust wird mit zunehmender Rohrlänge geringer, da die Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Außenluft kleiner wird. Mit der Annahme ist eine bestimmte Sicherheit gegeben, d.h. die tatsächlichen Verhältnisse in der Praxis können nur günstiger werden.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Bedienungsanweisung AMK 18 des VEB Kombinat Impulsa, Lommatzsch, Mai 1975.
- [2] Sandler, K.: Untersuchungen zur Oberflächenhaftung und Abtrennung von Verunreinigungen in Anlagen der Tierproduktion. TU Dresden, Dissertation 1976.

- [3] Sandler, K.; Boese, E.: Gegenwärtiger Erkenntnis- und Entwicklungsstand auf dem Gebiet der Reinigung und Desinfektion in der industriemäßigen Tierproduktion. Mh. für Vet. med., Jena 32 (1977) H. 20, S. 770—772.
- [4] Motz, R.; Sandler, K.; Stellmacher, W.: Erforderlicher Reinigungsgrad von Oberflächen in Tierproduktionsanlagen. Mh. für Vet. med., Jena 29 (1974) H. 22, S. 846—849.
- [5] Sandler, K.; Motz, R.: Optimierung der Warmwasserdruckreinigung. agrartechnik 26 (1976) H. 1, S. 24—27.
- [6] Becker, E.; Sandler, K.: Manuskript über Druckversuche in Schlauchleitungen beim Einsatz des M 806. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [7] Lankow, C.: Ausrüstungstechnisches Projekt zur Reinigung und Desinfektion der Kälberaufzuchtanlage Altheide. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1978.

A 2757

Technisch-physikalische Grundlagen des Vorweichens als Vorbereitung der Kaltwasser-Spritzreinigung in Tierproduktionsanlagen

Dipl.-Ing. P. Gronemeier, KDT, VEB Landtechnischer Anlagenbau Potsdam

Dr.-Ing. K. Sandler, Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Physik der Erde

Verwendete Formelzeichen

a_1	N/m	Konstante
b_1	$\text{min}^{1/2}$	Konstante
c_1	min^{-1}	Konstante
c_T	kg/m^3 ; %	Tensidkonzentration
h_t	m	Eintauchtiefe einer Kapillare in eine Flüssigkeit
K	—	Netzmittelkonstante
k_v	min^{-1}	Halbwertkonstante des Schaumvolumens
p_G	Pa	Gesamtdruck einer in Flüssigkeit befindlichen Gasblase
t	min	Zeit
t_N	s	Netzzeit
V_A	m^3	ursprüngliches Flüssigkeitsvolumen
V_0	m^3	Anfangsschaumvolumen
V_D	m^3	Drainage des Schaumes
V_t	m^3	Schaumvolumen zur Zeit t
Wh	$^\circ\text{dH}$	Wasserhärte
Z_t	m^3/min	mittlere Schaumzerfallsgeschwindigkeit
σ	N/m	Grenzflächenspannung einer Flüssigkeit gegen Luft
σ_w	N/m	Grenzflächenspannung von Leitungswasser ohne Tensidzusätze gegen Luft
σ_{dest}	N/m	Grenzflächenspannung von destilliertem Wasser gegen Luft
τ_v	min	Halbwertszeit des Schaumvolumens

1. Problem- und Zielstellung

Reinigung und Desinfektion in der Tierproduktion bilden meistens eine technologische Einheit. Der Raumreinigung kommt dabei in erster Linie die Aufgabe zu, Voraussetzungen für den Erfolg einer nachfolgenden Desinfektion zu schaffen. Für diesen Zweck ist die Warmwasser-Spritzreinigung z. Z. das sicherste Verfahren. Es wird gereinigt, ohne den Schmutz intensiv vorzuweichen. Hohe Reinigungsleistungen sind dabei zwangsläufig mit einem hohen Brennstoffverbrauch verbunden. Die Diskrepanz zwischen notwendigen Reinigungsleistungen und der volkswirtschaftlich möglichen Brennstoffbereitstellung erfordert erhöhte

Anstrengungen zur Verbesserung der Materialökonomie.

Ein völliger Verzicht auf die Erwärmung des Wassers würde daher eine echte Rationalisierungsmaßnahme mit großer ökonomischer Bedeutung darstellen.

Jedes Reinigungsverfahren ist ein durch vier Wirkungsfaktoren bestimmter Prozeß:

$$\text{Ch} + \text{E} + \text{TP} + \text{Z} = 100\%; \quad (1)$$

Ch Anteil der chemischen Wirkung von Reinigungsmitteln an der Gesamtwirkung des Reinigungsverfahrens

E Anteil der mechanischen oder hydraulischen Energieeinwirkung an der Gesamtwirkung des Reinigungsverfahrens

TP Anteil der Wärmeenergie an der Gesamtwirkung des Reinigungsverfahrens

Z Anteil der Zeitdauer der reinigenden Einwirkung an der Gesamtwirkung des Reinigungsverfahrens.

Soll der Anteil der Wärmeenergie an der Gesamtwirkung des Reinigungsprozesses ausgeschlossen werden, so muß der Anteil eines anderen Wirkungsfaktors bzw. der anderen Faktoren erhöht werden. Eine aussichtsreich erscheinende Möglichkeit ist die, den Anteil der physikalisch-chemischen Wirkung von tensidhaltigen Reinigungsmitteln zu erhöhen. Zu diesem Zweck ist die Reinigung sowohl technologisch als auch technisch-physikalisch in 2 Phasen aufzuteilen, in einen Vorweich- bzw. Netzprozeß und in einen hydraulischen Reinigungs- bzw. Schmutzablöseprozeß.

Der hydraulische Reinigungsprozeß wurde bereits an anderer Stelle näher untersucht [1]. Vorliegend erfolgt daher eine Konzentration auf die Darstellung von physikalisch-technischen Grundlagen des Vorweichens. Das Kaltnetz- bzw. Schmutzpenetrationsvermögen von Tensidlösungen, das durch die Netzgeschwindigkeit bzw. die Netzzeit gemäß der Beziehung

$$\lg t_N \approx K - 2 \lg c_T \quad (2)$$

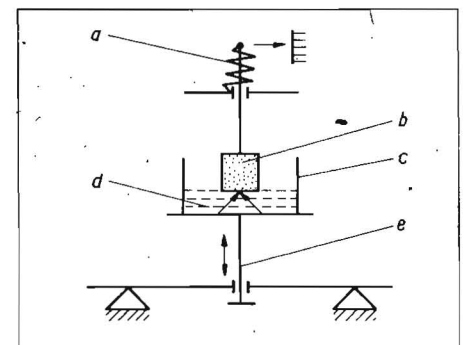
charakterisiert wird, ist die Eigenschaft, die die eigentliche Wirksamkeit der Tenside ausmacht. Die Netzgeschwindigkeit wird wiederum in entscheidendem Maß von der Zeitabhängigkeit der Flüssigkeitsoberflächenspannung beeinflusst. Diese Zeitabhängigkeit findet in folgender Beziehung ihren Ausdruck:

$$\sigma = \sigma_w - \frac{a_1}{\sqrt{t} + 1} \quad (3)$$

Tenside werden unterteilt in anionaktive, kationaktive und amphotere Verbindungen. Nichtionogene Tenside haben für die Reinigung keine Bedeutung. Unter Beachtung der Forderung nach atoxischer Zusammensetzung und biochemischer Abbaubarkeit können für Reinigungszwecke in Tierproduktionsanlagen nur anionaktive Tenside eingesetzt werden. Es ist

Bild 1. Schematischer Aufbau der Meßeinrichtung zur Bestimmung des Netzvermögens nach dem Auflegeverfahren;

a Präzisionswaage mit Analoganzeige (Mettler-Waage), b mit Schmutz gefüllter Siebbehälter, c Flüssigkeitsbehälter, d tensidhaltige Lösung, e Vorrichtung zur Höhenverstellung des Flüssigkeitsbehälters



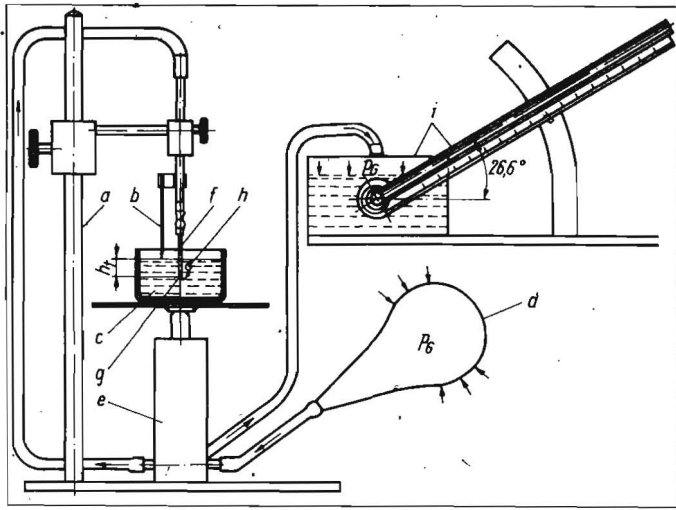


Bild 2
Schematische Darstellung der Blasendruck-Meßapparatur von Becker [2] zur Bestimmung der Flüssigkeitsoberflächen-spannung; a Stativ, b Tauchtiefenmarkierung, c Testflüssigkeit, d zusammen-drückbarer Gummiball, e Verteilerraum, f Meßkapillare, g entstehende Gasblase, h abgelöste Gasblase, i Mikroflüssigkeitsmanometer

Innendruckänderung ist somit ein Maß für die Änderung der Flüssigkeitsoberflächen-spannung.

2.3. Ermittlung von Schaumvermögen und Schaumbeständigkeit

Das Schaumvermögen einer Flüssigkeit ist durch das Anfangsschaumvolumen charakterisiert.

Die Schaumbeständigkeit wird durch die auf das Schaumvolumen bezogene Zerfallshalbwertszeit

$$\tau_v = \frac{0,693}{k_v}; \quad (4)$$

die Schaumzerfallsgeschwindigkeit

$$Z_1 = \frac{0,5 V_0}{\tau_v} \quad (5)$$

zweckmäßig, die Tensidlösungen verschäumt auf die zu reinigenden Oberflächen auszubringen. Dadurch soll erreicht werden, daß die Lösungen allmählich an den zu penetrierenden Schmutz abgegeben werden. Anderenfalls würden größere Flüssigkeitsvolumen ungenutzt von den zunächst relativ trockenen Schmutzschichten abfließen. Aus den Darlegungen lassen sich schlußfolgernd folgende Aufgabenstellungen für experimentelle Untersuchungen ableiten:

- Ermittlung der Netz- bzw. Penetrationsgeschwindigkeit wäßriger Tensidlösungen in bezug auf Stallschmutz
- Ermittlung der Zeitabhängigkeit der Oberflächen-spannung wäßriger Tensidlösungen
- Untersuchung des Schaumvermögens von Tensidlösungen sowie der Schaumbeständigkeit.

2. Lösungsweg, Methodik

Die experimentellen Untersuchungen erfolgten anhand von 15 durch die Chemieindustrie der DDR empfohlenen tensidhaltigen Produkten. Dabei betragen die Anwendungskonzentrationen max. 2 %, da höhere Konzentrationen die biochemische Abbaubarkeit erschweren.

2.1. Bestimmung des Netz- bzw. Penetrationsvermögens

Ausdruck für das Netzvermögen ist die Penetrationsgeschwindigkeit der Lösungen in bezug auf Schmutz, der bei den Versuchen durch Kraftfutter, Mastschweinekot und Kälberkot repräsentiert wurde. Die Ermittlung der Penetrationsgeschwindigkeiten erfolgte durch Bestimmung der zeitlichen Verläufe der Lösungsaufnahmen von Schmutzproben. Gemessen wurde nach dem Auflegeverfahren mit Hilfe einer speziellen Versuchseinrichtung. Ein an einer Waage hängender und mit Schmutz gefüllter Siebbehälter liegt auf der Tensidlösung auf, so daß diese in den Schmutz eindringen kann (Bild 1). Der zeitliche Verlauf der Änderung der Schmutzmasse wird registriert.

2.2. Messungen der Zeitabhängigkeit der Flüssigkeitsoberflächen-spannung

Die Untersuchungen erfolgten nach dem Blasendruckverfahren. Dabei wird mit definiertem Druck an einer Kanüle eine Luftblase in der Tensidlösung erzeugt (Bild 2). Der Innendruck in der Blase ist der Grenzflächen-spannung flüssig/gasförmig direkt proportional. Die zeitliche

Tafel 1. Reihenfolge der grenzflächenaktiven Produkte entsprechend ihrem Netzvermögen

Gruppen- bzw. Wertigkeitsnummer ¹⁾	grenzflächenaktives Produkt
1	Emulgator E 30 Dispergator B 0
2	Prävozell W-OF 100/N Konzentrat W 50
3	Meranid L 68
4	Emulgator 656
5	Fekamul RW
6	Rodapon N 50 Wofapon W-Konzentrat Wolfen E Fekamul KA Spellin FL Industriereiniger gr neutral Fekunil TM
7	Ditalan L

1) entsprechend statistischer Verrechnung nach Newman-Keuls-Test, beginnend mit dem besten Netzvermögen; innerhalb der Gruppen bestehen keine signifikanten Unterschiede

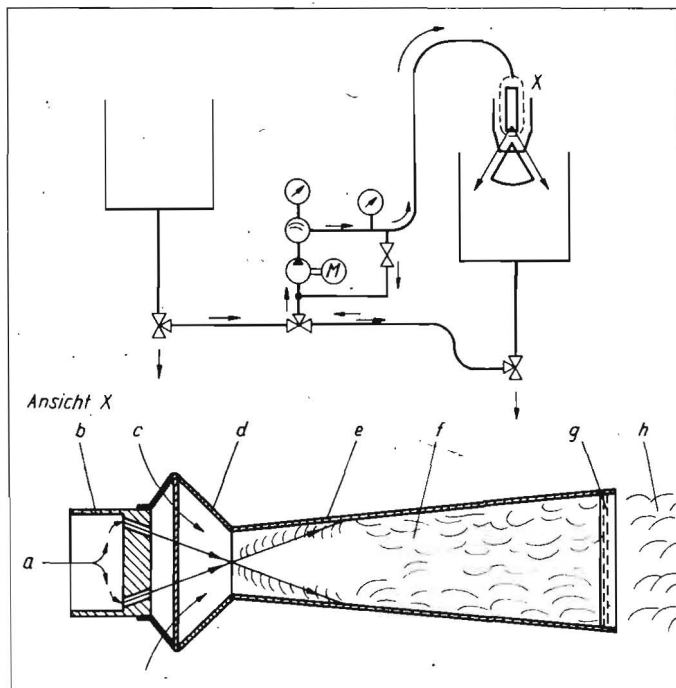
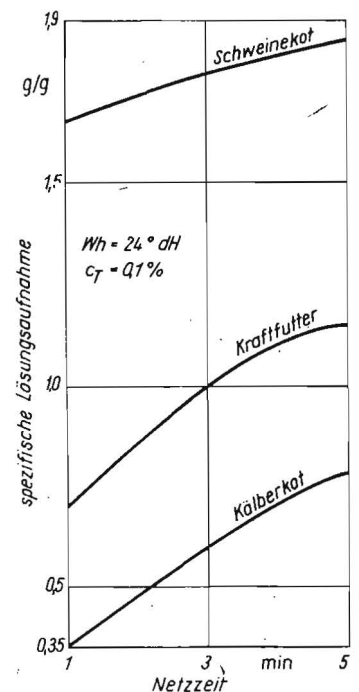


Bild 3
Funktioneller Aufbau des Schaumaggregats mit einer schematischen Darstellung des verwendeten Schaumrohres; a Netzmittellösung, b Strahldüse, c angesaugte Luft, d Fangdüse, e Diffusor, f verschäumende Netzmittellösung, g Sieb (nur für die Erzeugung von Mittel- oder Leichtschaum), h Schaum

Bild 4
Vergleich der Lösungsaufnahmen verschiedener Schmutzarten bei Benetzung mit E 30-Lösung optimaler Konzentration



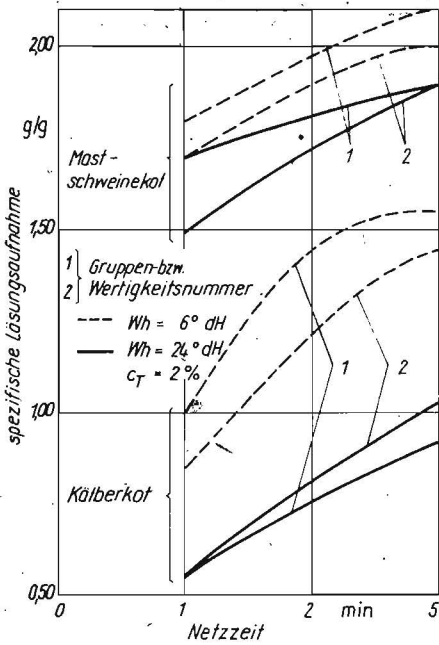


Bild 5. Zeitlicher Verlauf der Lösungsaufnahmen von Kot aus der Schweine- und Kälbermast

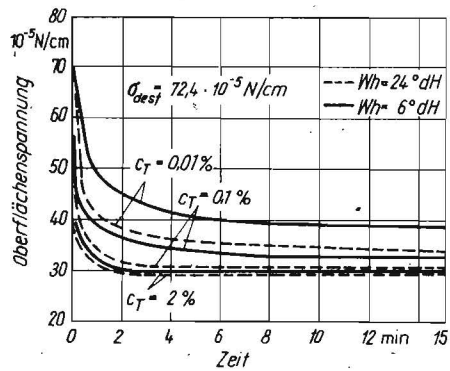


Bild 6. Zeitliche Änderung der Oberflächenspannung bei verschiedenen Konzentrationen und Wasserhärten bei Emulgator E30

und das von der Zeit abhängige drainierte Flüssigkeitsvolumen

$$V_D = V_A (1 - e^{-t/\tau}) \quad (6)$$

gekennzeichnet [3].

Art und Weise der Schaumerzeugung haben entscheidenden Einfluß auf Schaumvermögen und Schaumbeständigkeit einer Flüssigkeit. Die experimentellen Untersuchungen erfolgten mit Hilfe eines Schaumrohres, bei dessen Auslegung von den Erfahrungen der Hersteller von Schaumlöscheinrichtungen der DDR ausgegangen wurde (Bild 3). Die Flüssigkeit wurde bei den Versuchen so lange im Kreislauf bewegt, bis sie vollständig verschäumt war.

3. Ergebnisse

3.1. Penetrationsvermögen tensidhaltiger Lösungen

Die statistische Verrechnung der Einzelmeßwerte der spezifischen Lösungsaufnahmen der Verschmutzungen ergibt eine signifikante Gruppierung der untersuchten Tenside bezogen auf ihre Wirksamkeit (Tafel 1) [3]. Die optimale Anwendungskonzentration für die Tenside der 1. und 2. Wertigkeitsgruppe beträgt 0,1 %. Eine Konzentrationssteigerung auf 2 % bringt keine

nennenswerte Verbesserung. Angetrockneter Schweinekot wird gegenüber Krafftutter und Kälberkot am besten penetriert (Bild 4).

Der Einfluß der Wasserhärte wird am Beispiel der Penetration von Kälberkot besonders deutlich. Zunehmende Wasserhärte verschlechtert generell das Netzvermögen (Bild 5).

3.2. Zeitverhalten der Flüssigkeitsoberflächenspannung

Es ist festzustellen, daß die anhand der Netzversuche ermittelte Reihenfolge der Tenside durch die Messungen der Geschwindigkeiten der Oberflächenspannungsabsenkungen bestätigt wird. Als optimale Lösungskonzentration ergibt sich ebenfalls 0,1 % für alle Präparate (Bild 6). Mit zunehmender Wasserhärte verlangsamt sich die Geschwindigkeit der Oberflächenspannungsabsenkung, d.h. die Bedingungen für das Netzen werden ungünstiger.

3.3. Schaumvermögen und Schaumbeständigkeit

Allgemein ist zu vermerken, daß die Lösungen der am besten netzenden Tenside am wenigsten schäumen und die höchsten Schaumerfallgeschwindigkeiten aufweisen. Mit der Zunahme der Lösungskonzentration nimmt auch die Verschäumbarkeit zu (Bild 7). Steigende Wasserhärte verringert dagegen die Verschäumbarkeit. Diese Wasserhärteempfindlichkeit ist um so größer, je höher die Verschäumbarkeit einer Lösung ist. Die Flüssigkeit drainiert um so schneller aus dem Schaum und wird somit um so schneller auf die Schmutzoberfläche aufgebracht, je geringer die Tensidkonzentration und je höher die Wasserhärte sind (Bild 8).

4. Schlußfolgerungen für die Verwertung der Ergebnisse und weiterführende Untersuchungen

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen lassen sich im wesentlichen folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Die tensidhaltigen Produkte Emulgator E 30, Dispergator B 0, Konzentrat W 50 und Präwozell W-OFP 100/N sind in der genannten Reihenfolge von den untersuchten Präparaten hinsichtlich des Schmutzpenetrationsvermögens am besten geeignet.
- Für die genannten Produkte beträgt die optimale Anwendungskonzentration 0,1 %.
- Das Zeitverhalten der Flüssigkeitsoberflächenspannung läßt eindeutige Rückschlüsse auf das Penetrationsvermögen der Lösung zu. Daher sind Messungen der Dynamik der Oberflächenspannung geeignet, Tensidlösungen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu beurteilen.
- Schaumvermögen und Schaumstabilität verhalten sich meistens umgekehrt proportional zum Netz- und Penetrationsvermögen. Ausgehend von den konkreten Anforderungen im Einzelfall, die durch Praxisexperimente zu ermitteln sind, ist daher das jeweilige Optimum durch entsprechende Tensidauswahl oder -kombination und Festlegung der Anwendungskonzentration zu realisieren. Spezielle Zusätze zu den Tensiden sind unter Umständen auch geeignet, bestimmte Tenseigenschaften in gewünschter Weise zu verstärken oder zu unterdrücken.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, daß vor der breiten Einführung des Verfahrens

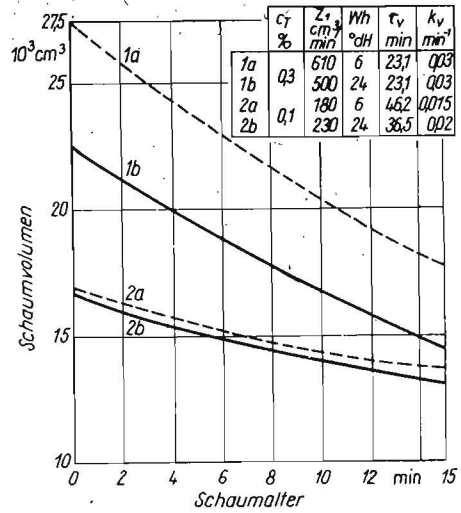


Bild 7. Funktioneller Zusammenhang $V_v = f(t)$ für E30-Lösung bei unterschiedlichen Konzentrationen und Wasserhärten

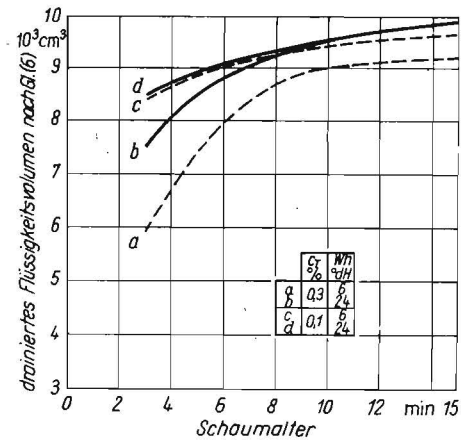


Bild 8. Funktioneller Zusammenhang $V_D = f(t)$ für E30 bei unterschiedlichen Konzentrationen und Wasserhärten

der Kaltwasser-Spritzreinigung mit Vorweichen in die Praxis auf der Basis der hier dargestellten physikalischen Grundlagen noch weiterführende technisch-technologische Untersuchungen erforderlich sind. Parallel dazu muß die entsprechende Geräteentwicklung erfolgen. Diesbezüglich ist anzustreben, die derzeit und in nächster Zukunft angebotenen Reinigungsgeräte so mit Ergänzungszubehör auszustatten, daß sie sowohl für die Schaumerzeugung und -ausbringung als auch für die Wasserspritzreinigung geeignet sind.

Literatur

- [1] Sandler, K.; Moitz, R.: Optimierung der Warmwasserdruckreinigung. agrartechnik 26 (1976) H. 1, S. 24—28.
- [2] Becker, E.: Meßverfahren Pflanzenschutz. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim, Forschungsbericht 1968.
- [3] Gronemeier, P.: Untersuchung zur Wirksamkeit des Vorweichens im Rahmen der nach dem Verfahren der Wasserspritzreinigung erfolgenden Raumreinigung. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1979. A 2699