

Tafel 1. Meßgrößen zur Quantifizierung der Einflüsse des Stallklimas und der Bauphysik

Meßgröße	Meßbereich	Art der Messungen	Meßfühler, Meßgerät/ Registriergerät	
Außenlufttemperatur	°C	- 30...40	} Kurzzeitmessung } Langzeitmessung (Sommer, Winter, Übergangsperiode)	
Raumlufttemperatur	°C	0...40		
Oberflächentemperatur des Bauteils innen	°C	0...40		
Oberflächentemperatur - des Bauteils außen	°C	- 30...100		
Temperaturdifferenz der Oberflächen, eine Wand (innen, außen)	K	0...40	Kurzzeitmessung	Thermoelementenkette mit Motorkompensator
Luftgeschwindigkeit	m/s	0,1...0,5	Kurzzeitmessung	Anemograph, Schalenkreuzanemometer, Hitdrahtanemometer
Windrichtung		0...360°	Langzeitmessung	Wetterfahne mit Kompensationsbandschreiber
Wärmedurchlaß- widerstand	m <sup>2</sup> · K/W	0,1...3,0	} Kurzzeitmessung	· Meßeinrichtung WD 75 · Hilfwand (Wärmeflußmesser)
Wärmestromdichte	W/m <sup>2</sup>	1,5...150		
Materialfeuchte (Volumenanteil)	%	1...30	einmal im Winter (unmittelbar vor der Wärmedurchlaßwiderstandsmessung)	gravimetrisch oder Elektrodenpaare mit Feutron-Feuchtemesser Typ 2126
relative Luftfeuchte innen, außen	%	20...100	Kurzzeitmessung (Sommer, Winter, Übergangsperiode)	Aspirationspsychrometer
Schadgaskonzentration CO <sub>2</sub> (Volumenanteil)	%	0,1...0,5	} Kurzzeitmessung	Prüfröhrchen mit Gasspürgerät WG-61
NH <sub>3</sub>	ppm	5...50		
H <sub>2</sub> S	ppm	1...10		
Taupunkttemperatur	°C	0...40	Kurzzeitmessung	Pt 100 mit Heizspirale/ Motorkompensator

1) nur für Außenluft- und Raumtemperatur

sorgfältigen und umfassenden Bauhygiene bzw. bautechnischen Sanierung ergibt sich aus den veränderten Bedingungen. Beide Sachprobleme sind sehr eng miteinander verflochten. Deshalb sind die aufgeführten Maßnahmen nur im unmittelbaren Wechselverhältnis zueinander zu planen, zu prüfen, zu messen sowie zu bewerten und die daraus erforderlichen Maßnahmen zur Rekonstruktion bzw. Rationalisierung festzulegen. Die Ermittlung des Istzustands sollte gegenwärtig nicht mit globalen Beschreibungen erfolgen, sondern durch aktive Detailmessungen und -bewertungen. Nur so können die vorhandenen Grundmittel lange erhalten und die Maßnahmen zur Rekonstruktion und Sanierung auf die Schwerpunkte orientiert werden. Dabei können die Erkenntnisse zum Stand der Technik unmittelbar in die zu gestaltenden baulichen und anlagentechnischen Lösungen einfließen.

**Literatur**

- [1] Runov, B. A., u. a.: Energosporegajuščaja tehnologija sozdanija mikroklimata na fermach (Energiesparende Technologie zur Mikroklimagestaltung in Ställen). Mechanizacija i elektrifikacija sel'skogo chozajstva, Moskau 56 (1986) 2, S. 39-43.
- [2] TGL 29084 Stallklimagestaltung. Rinder, Schafe, Schweine und Geflügel. Aug. Juli 1986.
- [3] Kühnhausen, S.: Beitrag zur lokalen Klimagestaltung von Milchvieheinzelplätzen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion, Dissertation A, 1981 (unveröffentlicht).
- [4] Arndt, H.; Kleber, K.: Wärmeschutztechnische Aspekte bei Umfassungskonstruktionen. Bauforschung-Baupraxis, Berlin (1986) 186.
- [5] TGL 32761 Stallklimaprüfung. Aug. Juli 1986.

A 5170

# Ergebnisse und Schlußfolgerungen bei der rationellen Energieanwendung in Geflügelanlagen

Dipl.-Ing. K. Hackel, KDT, VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin

Der sparsame Einsatz von Wärme- und Elektroenergie steht auch im VE Kombinat Industrielle Tierproduktion im Mittelpunkt intensiver Bemühungen. Wichtige Beiträge leisteten dabei der VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin und das Institut für Geflügelwirtschaft Merbitz sowie die Betriebe des VE Kombinat Industrielle Tierproduktion. Anliegen war es, neue, energiesparende Lösungen zu schaffen, die Betriebe bei der Rekonstruktion und der richtigen Nutzung der vorhandenen Anlagen zu unterstützen und nachzuweisen, daß auch bei z. T. erheblich vermindertem Energieeinsatz die Produktionsleistungen der Tiere bei gleichem Futtermittelverbrauch stabil gehalten werden können.

Wegen der komplexen Aufgabenstellung bedurfte es intensiver Untersuchungen und interdisziplinärer Zusammenarbeit.

## 1. Bautechnische Sanierung der Ställe

Das Ziel der bautechnischen Sanierung besteht darin, die projektierten und angestrebten Parameter hinsichtlich Wärmedämmung, Dichtheit der Ställe und bauphysikalischer Erfordernisse zu gewährleisten bzw. wiederherzustellen. Die Notwendigkeit der bau-

technischen Sanierung ergibt sich aus 20jähriger intensiver Nutzung der Ställe, wobei das Hauptproblem meist die mangelhafte Kaldachbelüftung ist. Dabei beginnt der Kreislauf bei der Bildung von Kondensat an der Dachhaut und führt zur Durchfeuchtung des Dämmstoffes, was den Wärmehaushalt besonders des unbeheizten Stalles völlig verändert. Aufsteigende feuchte Luft aus dem Stallraum begünstigt zwar die Situation, ist aber nicht alleinige Voraussetzung für diesen Prozeß. Zur Kondensatbildung im Dachraum kommt es auch, wenn die Decke dicht ist. Entscheidend ist die Temperaturdifferenz zwischen der Luft im Dachraum und der Außenluft, die von der Funktion der Kaldachbelüftung bestimmt wird.

## 2. Verbesserung der Lüftungstechnischen und Heizungstechnischen Anlagen

Die Maßnahmen sollen vor allem dazu beitragen, vorgegebene bzw. definierte Luftstraten und Luftvolumenströme exakt einzuhalten, die Luft- und Wärmeverteilung zu verbessern und den Aufwand an Luftleitetelementen aus Gründen der Materialeinsparung und der Reinigung und Desinfektion zu senken.

Die Maßnahmen dazu stehen in engem Zusammenhang zueinander, auch zur Bauhülle und zum Maschinensystem bzw. Haltsverfahren. In allen Untersuchungen wurde bestätigt, daß die Einhaltung der jeweiligen Mindestluftfrate neben der Qualität der Bauhülle im Heizbetrieb die entscheidende Voraussetzung für die rationelle Energieanwendung ist. Die Bedeutung aller anderen Faktoren und Maßnahmen für die rationelle Energieanwendung ist deutlich geringer.

Die Luftfrate kann aber nur exakt eingehalten werden, wenn die lufttechnische Anlage diese Einstellung ermöglicht, die Luft gut im Stall verteilt wird, d. h., daß sie einerseits alle Tiere erreicht und andererseits die Bauhülle dicht ist, so daß der unkontrollierte Eintritt von Außenluft vermieden wird. Eine gute Luftverteilung ist bei einer Luftheizungsanlage meist gleichbedeutend mit guter Wärmeverteilung.

Die Umstellung auf Warmwasser-Heizungssysteme, die sich aus der Energieträgerumstellung und der Energieträgersubstitution ergab, brachte aber auch neue Möglichkeiten bei den Heizungsanlagen. So hat es sich als vorteilhaft erwiesen, einen Teil der Wärme mit örtlichen Heizflächen zuzufüh-

ren. Da die großen Förderströme der direkt beheizten zentralen Luftheizungsanlagen heizungstechnisch bedingt waren – denn den Zulufttemperaturen sind Grenzen gesetzt –, wird es in Kombination mit örtlichen Heizflächen möglich, den Gesamtförderstrom der zentralen Anlage zu reduzieren. Dadurch wird ein erheblicher Anteil der elektrischen Antriebsenergie eingespart. Die Frage, ob unter diesen Bedingungen nicht auf eine zentrale Luftheizungsanlage verzichtet werden kann, wird vom Autor mit der Begründung verneint, da dies mit dem Prinzip der exakten Einhaltung der Luftfrate nicht vereinbar ist.

Außenluftvolumenströme von 2000 m<sup>3</sup>/h – das entspricht einer Luftwechselzahl < 1 – kann man bei Temperaturdifferenzen von bis zu 50 K nicht mehr mit einer dezentralen Unterdrucklüftung realisieren und auch nicht ausreichend verteilen. Deshalb wird der Einsatz einer kleinen zentralen Luftheizungsanlage, die Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung schafft, vorgeschlagen. Der Gesamtförderstrom dieser Anlage muß so bemessen werden, daß eine gute Luftverteilung und Raumströmung gewährleistet werden kann. Außerdem sollte gesichert sein, daß der Außenluftbedarf im Heizbetrieb gedeckt wird. Zur stufenweisen Einstellung des Außenluftanteils hat sich bei zentralen Anlagen der anteilige Umluftbetrieb bewährt. Eine andere Förderstromanpassung ist nicht denkbar, obwohl sie aus veterinärhygienischer Sicht zu begrüßen wäre.

Die Luftführung müßte so gewählt werden, daß grundsätzlich auf Abluftkanäle verzichtet werden kann und alle abluft- bzw. umluftführenden Luftleiteteile für die Reinigung und Desinfektion gut zugänglich sind.

Als örtliche Heizflächen werden je nach Halungsverfahren Rohrschlangen, Strahlplatten und Rohrregister verwendet. Der zusätzliche Materialbedarf für die örtlichen Heizflächen kann durch die kleineren Luftheizungsanlagen z. T. ausgeglichen werden. Die zentrale Luftheizungsanlage muß so konzipiert sein, daß der Frostschutz für die Rippenrohrwärmeübertrager gewährleistet ist (z. B. durch eine luftseitige Umgehung). Bei dieser Anlagenkonzeption ist es auch möglich, die zentrale Anlage außer Betrieb zu nehmen und die Wärme ausschließlich mit den örtlichen Heizflächen zuzuführen.

Die Kombination von örtlichen Heizflächen und Unterdrucklüftung führt jedoch zu den bekannten Problemen wie Temperaturschichtung und Kaltlufteneinfall über technologisch bedingte u. a. Öffnungen. Deshalb wird dazu übergegangen, unter diesen Bedingungen das Gleichdruckprinzip anzuwenden.

Untersuchungen zu Verbesserungen der Dichtheit der Ställe, vor allem bei Betrieb mit kleinen Außenluftförderströmen, führten zu der Erkenntnis, daß die Fugenlänge der Zuluftklappen vermindert werden muß. Die langen und schmalen Klappen, die meist eingesetzt werden, haben z. B. die doppelte Fugenlänge gegenüber quadratischen Klappen. Außerdem neigen sie aufgrund ihrer Form und des verwendeten Materials sehr stark zu Verwerfungen. Eine daraufhin neu entwickelte Klappe öffnet nach außen; bei starkem Wind wird sie angedrückt und dadurch die Abdichtung wesentlich verbessert.

Die Rationalisierung der Anlagen auf der Grundlage neuer Maschinensysteme ist meist mit einer beträchtlichen Erhöhung des

Tierbesatzes verbunden. Dieser verdoppelte bzw. mehr als verdreifachte Tierbesatz führt bei der Lüftungsanlage dazu, daß sich die ursprünglich festgelegte Mindestzahl von Ventilatoren, die für eine gute Luftverteilung erforderlich war, so erhöht, daß sie lüftungstechnisch nicht begründet ist. Der „Einheitsventilator“ LANW 450.4 ist zu klein und führt zu einem hohen Materialaufwand (Kabel, Schaltgeräte, Aluminium). Deshalb sollen auch größere Ventilatoren bei der weiteren Entwicklung der Lüftungs- und MSR-Technik berücksichtigt werden.

### 3. Wärmerückgewinnung und Nutzung alternativer Energiequellen

Zur Senkung des Primärenergieverbrauchs in der industriemäßigen Geflügelproduktion wurden alle Möglichkeiten genutzt, d. h. auch die Potentiale in der Fortluft und in alternativen Energiequellen. Besonders große Erwartungen wurden in die Wärmerückgewinnung gesetzt.

Große Anstrengungen wurden unternommen, entsprechende Geräte und Verfahren praxisreif zu machen, wobei sich der VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin dabei auf das Wärmerohrprinzip konzentrierte. Die erreichten Ergebnisse sind folgendermaßen einzuschätzen:

- Der hohe Staubgehalt der Abluft erweist sich als Haupthindernis für die Anwendung von Verfahren der Wärmerückgewinnung in der Geflügelproduktion. Die meisten Probleme gibt es dabei in der Bodenintensivhaltung.
- Bewährt hat sich der Wärmerohreinsatz in der Broilerelternierhaltung mit dem Maschinensystem B212. Der Aufwand für die Wärmerückgewinnungsanlage rechtfertigt sich hier durch den Wegfall der Heizungsanlage. Außerdem liegt der Ausnutzungsgrad gegenüber Anlagen mit wachsenden Tieren bedeutend höher, weil die Anlage mit konstantem Luftdurchsatz betrieben wird.
- In der Bodenintensivhaltung von Broilern und Junghennen ist die Anwendung der Wärmerückgewinnung nur bis zur zweiten bzw. dritten Woche der Haltung mit vertretbarem Aufwand für die Filterreinigung möglich.

### 4. Verbesserung der Temperaturregelung im Heizbetrieb und beim Übergang vom Heizungs- zum Lüftungsbetrieb

Mit dem automatischen Lüftungsregler ALR 3/21 vom VEB Wetron Weida steht der Geflügelwirtschaft seit vielen Jahren ein Regler zur Verfügung, mit dem die Anforderungen gut erfüllt werden könnten. Heizungsseitig ist er jedoch nur für direkt beheizte Anlagen ausgelegt, so daß nur ein Zweipunktausgang zur Verfügung steht, mit dem öl- oder gasbeheizte Geräte angesteuert werden können. Eine stetige oder quasi stetige Regelung von Warmwasserheizungsanlagen ist mit dem ALR 3/21 nicht möglich. Für diese Regelaufgaben mußten daher gesonderte Regler eingesetzt werden, die seit der Energieträgerumstellung in den meisten beheizten Ställen zusätzlich erforderlich waren. Im VEB Brutmaschinenwerk Bismark wurde ein solches Regelgerät auf der Basis industriemäßig gefertigter Regler entwickelt und produziert, das in mehreren Betrieben im Einsatz ist. Neben der Hauptaufgabe, der Temperaturregelung im Heizbetrieb, erfüllte es auch einige Steuerungsfunktionen, die automatische Wiederein-

schaltung bei Spannungsausfall und Aufgaben der Signalisierung. Das Problem des Übergangs vom Heizungs- zum Lüftungsbetrieb und umgekehrt war jedoch nicht gelöst. Die Umschaltung mußte von Hand erfolgen. Da dieser Übergang sehr bedeutungsvoll für den rationellen Energieeinsatz ist, wird ein diesbezüglicher Neuererorschlag aus dem VEB Broilerproduktion Grimmen für die Kopplung von ALR 3/21 und Regelgerät begrüßt. Für diese Lösung wurde im VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin eine Projektdokumentation erarbeitet, die jedem Betrieb zur Nachnutzung empfohlen werden kann, der als Heizmedium Warmwasser einsetzt.

Zusammenfassend ist jedoch einzuschätzen, daß die vorhandene Steuer- und Regeltechnik nicht mehr den heutigen Anforderungen entspricht. Deshalb wird an der Vorbereitung einer neuen Gerätegeneration gearbeitet. Hauptanliegen dieser neuen Reglergeneration muß es sein, den subjektiven Einfluß bei der Bedienung der Anlagen weitestgehend auszuschließen. Diese Zielstellung kann jedoch nur längerfristig und schrittweise erreicht werden. Deshalb kommt es jetzt darauf an, die vorhandenen Möglichkeiten zur rationellen Energieanwendung noch besser zu nutzen bzw. durch oft geringfügige Änderungen die Voraussetzungen dafür zu verbessern. Besonders betrifft dies die Möglichkeit zur Einstellung der erforderlichen Außenluftströme und die Ausstattung mit Meßtechnik zur Einstellung der Lüftungsanlagen und zur Verbrauchsmessung.

### 5. Qualifizierung

Wie umfangreiche Untersuchungen zeigen, sind neben der anlagentechnischen und der meßgerätekundlichen Ausstattung der Einsatz und die Qualifizierung der erforderlichen Kader die entscheidende Voraussetzung für die rationelle Energieanwendung überhaupt.

Durch Vorträge, die Bereitstellung von Anwenderempfehlungen für neue Methoden und durch enge Zusammenarbeit mit einer Reihe von Betrieben wurden Mitarbeiter des VEB Ingenieurbüro für Geflügelwirtschaft Berlin und des Instituts für Geflügelwirtschaft Merbitz wirksam. Mehrere Betriebe entwickelten eine enge Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen. Das Wissen auf dem Gebiet der rationellen Energieanwendung ist dadurch erheblich gewachsen. Trotzdem reicht der erzielte Stand vor allem in der Breite nicht aus.

Deshalb ist nach neuen Möglichkeiten zu suchen, die gewährleisten, daß die wissenschaftlichen Einrichtungen des VE Kombinat Industrielle Tierproduktion besonders bei der Einführung neuer Maschinensysteme noch besser wirksam werden.

### 6. Einführung energiesparender Haltungsverfahren

Zahlreiche vergleichende Messungen zum Heizenergieverbrauch ergaben auch unter Praxisbedingungen die eindeutige Überlegenheit der Käfighaltung. Der energetische Vorteil beruht auf der höheren Tierkonzentration, d. h. dem anteilig geringeren Transmissionswärmebedarf, und der Möglichkeit, eine höhere Feuchte der Stallluft zuzulassen, da die Gefahr der Durchfeuchtung der Einstreu nicht gegeben ist.

An Vergleichswerten der eingesetzten Energie bei der Junghennenaufzucht

wird der Effekt besonders deutlich:

- Bodenintensivzucht L 120:  
rd. 30 bis 35 GJ/1000 Junghennen
- Flachkäfigaufzucht L 121:  
rd. 17 bis 20 GJ/1000 Junghennen
- Käfigbatterieanlage L 123:  
rd. 8 bis 10 GJ/1000 Junghennen.

Diese Relationen sind in der industriemäßigen Geflügelproduktion auf alle Tierarten

und Produktionsstufen übertragbar. Bedenkt man, daß mit Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung der Energieverbrauch etwa um 20 bis 25 % gesenkt werden kann, so wird deutlich, daß der Übergang zu Käfigbatterieanlagen im Vergleich dazu einen Effekt erbringt, der von keiner anderen Maßnahme auch nur annähernd erreicht werden kann.

Aus energetischer Sicht ist deshalb eine beschleunigte Ablösung der Boden- und Flachkäfighaltung in der Junghennen- und Elterntieraufzucht anzustreben. Weiterhin ist auch erkennbar, welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz von mehretägigen Käfigbatterien in der Broilermast eröffnen würden. A 5029

## Feststoffentwässerung durch Schwerkraft

Dr. agr. H. Kühl, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Tierproduktion

### Verwendete Formelzeichen

$A_f$	m <sup>2</sup>	durchströmter Querschnitt
$b$	m	Breite der Feststoffschüttung
$\frac{dV}{dt}$	m <sup>3</sup> /s	Flüssigkeitsmenge in der Zeiteinheit
$h$	m	Höhe der Feststoffschüttung
$k$	m/s	Durchlässigkeitskoeffizient
$m_{AFI}$	m <sup>3</sup>	Menge der aus dem Feststoff abzuführenden Flüssigkeit
$t_E$	s	Entwässerungszeit

### 1. Einleitung

Die Trennung von Schweinegülle in die flüssige und feste Phase erfolgt überwiegend durch die Nutzung von Zentrifugal- oder Druckkräften [1, 2, 3]. Derartige Verfahren haben den Vorteil, daß ein Feststoff mit einem Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von mehr als 25 % erzeugt wird, so daß seine Lagerung auf unbefestigten Flächen und sein Transport ohne spezielle oder abgedichtete Fahrzeuge möglich ist. Der Nachteil dieser Verfahren besteht im hohen erforderlichen Energieaufwand.

Eine Verringerung des Energieaufwands für den Trennprozeß und die Feststoffentwässerung durch die Veränderung der Operationsenergie ist möglich. So ist die Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle durch das Siebtrennen unter Nutzung der Schwerkraft mit relativ geringem Energieaufwand durchführbar [1, 4]. Allerdings hat der produzierte Feststoff hierbei einen TS-Gehalt von unter 15 %. Er ist damit unter den o. g. Gesichtspunkten nicht lager- und transportfähig, so daß eine Feststoffentwässerung erforderlich ist.

Zur Minimierung des Energieaufwands für die Feststoffentwässerung ist die Nutzung der Schwerkraft als Operationsenergie für den Entwässerungsprozeß ebenfalls anzu-

streben. Daher ist die Eignung des durch Siebtrennen gewonnenen Feststoffs für ein derartiges Entwässerungsverfahren von Interesse, so daß sich folgende Fragestellungen ergeben:

- Wie entwässert ein Feststoff, und wovon ist seine Entwässerungsfähigkeit abhängig?
- Wie kann Feststoff mit einer guten Entwässerungsfähigkeit erzeugt werden?
- Welche Faktoren bestimmen die Gestaltung und Bewirtschaftung einer Anlage zur Feststoffentwässerung?
- Wie hoch ist der Energieaufwand bei Anwendung dieses Verfahrens im Vergleich zu anderen?

### 2. Entwässerungsfähigkeit und -verlauf beim Feststoff

Die Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs wird durch seine Stoffkenngrößen bestimmt. Dabei hat die Korngrößenverteilung des Feststoffs besondere Bedeutung, weil sie ein Maßstab für die Porengeometrie in einer Feststoffschüttung ist. Diese Porengeometrie beeinflußt wiederum die Flüssigkeitsströ-

mung in der Feststoffschüttung und aus der Feststoffschüttung heraus.

Die Korngrößenverteilungen wichen bei Feststoffen, die durch die Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle mit Bogensieben gewonnen wurden, erheblich voneinander ab (Bild 1). Aufgrund dieser Abweichungen schwankte der wirksame Korndurchmesser der Feststoffpartien, der eine Kenngröße ist, die aus den Werten der Korngrößenverteilung errechnet wird und einen Vergleich der Feststoffpartien ermöglicht, zwischen 0,37 mm und 1,35 mm. So hatten Feststoffpartien mit einem hohen Anteil feinkörniger Bestandteile einen niedrigen und solche mit einem geringen Anteil derartiger Bestandteile einen großen wirksamen Korndurchmesser.

Die Korngrößenverteilung des Feststoffs und damit der wirksame Korndurchmesser sind gleichzeitig Ausgangsgrößen für die Beurteilung der Durchlässigkeit des Feststoffs und die Berechnung des Durchlässigkeitskoeffizienten [5, 6]. Dieser Durchlässigkeitskoeffizient ist ein Geschwindigkeitsbeiwert zur Beschreibung der Strömungsvorgänge in Feststoffschüttungen. Durch ihn ist daher eine direkte Beurteilung der Entwässerungsfähigkeit von Feststoffen möglich. Ein niedriger Wert für den Durchlässigkeitskoeffizienten ist gleichbedeutend mit einer schlechten Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs, während ein hoher Wert einen Feststoff mit guter Entwässerungsfähigkeit charakterisiert. Die Durchlässigkeitskoeffizienten für die im Bild 1 durch ihre Korngrößenverteilung beschriebenen Feststoffe liegen zwischen  $10^{-8}$  m/s und  $3,3 \cdot 10^{-7}$  m/s. Diese Werte bedeuten, daß die Entwässerungsfähigkeit der Feststoffe allgemein schlecht ist.

Der Entwässerungsverlauf ist bei der Feststoffentwässerung durch hohe Abflußmengen am Beginn des Entwässerungsvorgangs gekennzeichnet (Bild 2). Die Abflußmengen verringern sich in Abhängigkeit vom Volumen der Feststoffschüttung in wenigen Minuten oder Stunden erheblich. Sie haben während des größten Teils der Entwässerungszeit ein niedriges Niveau. Eine wesentliche Ursache für diesen Entwässerungsverlauf ist der Transport feiner Feststoffteile durch die auslaufende Gülleflüssigkeit in die unteren Schichten der Feststoffschüttung. Hier setzt sich ein Teil dieser Feststoffpartikel in den Poren der Feststoffschüttung ab und verändert dadurch die Porengeometrie.

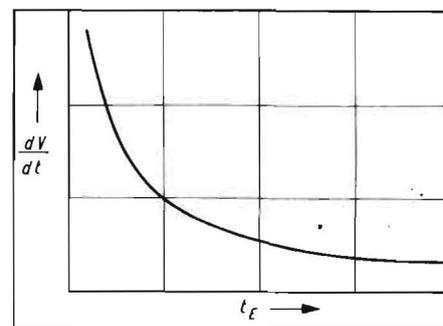


Bild 2 Entwässerungsverlauf in Feststoffschüttungen

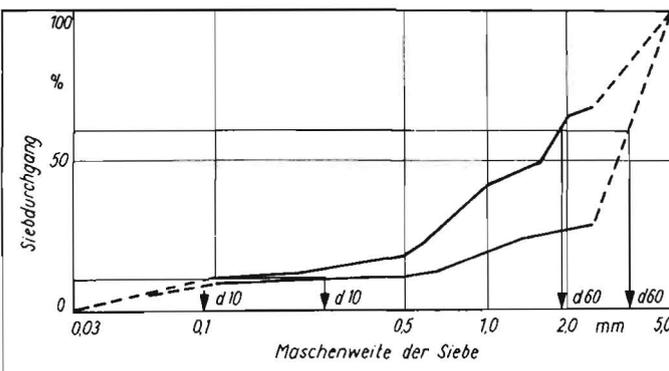


Bild 1 Verteilung der Korngrößen im Feststoff aus Schweinegülle; d10, d60 Durchmesser der Feststoffteile in mm bei 10 % bzw. 60 % Siebdurchgang, bezogen auf die gesamte Feststoffmenge