

gung gestellt, z. B. spezielle selbstfahrende Ladewagen oder andere Systeme. Im Betrieb ZTS Martin wird ein Selbstfahrer entwickelt, der die Erntekette für Hangneigungen von 22° bis 25° (40 bis 47%) ergänzt. Auch zu dieser Grundmaschine wird es verschiedene Adapter geben.

#### Technische Charakteristik der für die Hangmechanisierung der ČSSR vorgesehenen Maschinen

##### Selbstfahrende Mähmaschine MT 8-046

(Bild 1, Hersteller: ZTS Martin)

Masse	955 kg
Hangtauglichkeit	24° (45%)
Spurweite vorn	1700 mm
Spurweite hinten	1510 mm
Radstand	1600 mm
Vorderreifen	2 × 155-14
Hinterreifen	2 × 155-14
Motorleistung	14,5 kW
Arbeitsgeschwindigkeit	3,5 bis 10,7 km/h
Transportgeschwindigkeit	20 km/h
Mähwerk SP212	
Arbeitsbreite	1,97 m
Leistung $W_{04}$	0,85 bis 1,0 ha/h
Rechwender AOZ-005	
Arbeitsbreite	1,63 m
Leistung $W_{04}$	0,85 bis 1,0 ha/h.

Zur Komplettierung der Maschinenlinie wird z. Z. der selbstfahrende Geräteträger MT6-063 mit verschiedenen Aufbauten entwickelt.

Traktor Zetor 7245 Horal (Bilder 2 bis 4, Hersteller: Agrozet Brno)

Masse	3740 kg
Spurweite vorn	1790 mm
Spurweite hinten	1720 mm
Radstand	2220 mm
Vorderreifen	9-24
Hinterreifen	14,9/13-28
Motorleistung	45 kW.

Außer in der Standardausführung ist der Traktor auch mit Frontdreipunktaufhängung und Vorderzapfwelle ( $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ , Leistungsabnahme bis 30 kW) ausgestattet. Der Traktor wird mit einer Sicherheitskabine geliefert.

Prüfergebnisse in der ČSSR haben gezeigt, daß dieser Traktor mit seinem Gerätesatz ein sehr wirkungsvolles Mechanisierungsmittel für Dauergrasland in Hanglagen darstellen wird. In der ersten Einsatzphase wird der Traktor mit den in Tafel 2 zusammengestellten Geräten angeboten.

An weiteren Adaptoren wird gearbeitet. Beispielsweise befindet sich ein Scheibenmäherwerk mit einer Arbeitsbreite von 240 cm und mit einer Leistung von über 1,2 ha/h in der Entwicklung. Des Weiteren wird ein fingerlo-

ser Frontmähbalken mit einer Arbeitsbreite von 250 cm entwickelt.

Selbstfahrender Geräteträger MT6-011 „Kabar“ (Bild 5, Hersteller: Agrozet Pelhřimov)

Masse	6500 kg
Spurweite	2400 mm
Radstand	2400 mm
Reifen mit Spezialprofil	15,5-25
Motorleistung	132 kW
automatischer Hangaussgleich	
Hangtauglichkeit	22° (40%).

Die Maschine ist mit einer Frontanbauvorrichtung ausgestattet, z. B. zum Anbau eines Schlegeladapters zur Zerkleinerung von Anfluggehölzen.

Diese selbstfahrende, hochproduktiv arbeitende Spezialmaschine wird seit 1982 in kleinen Stückzahlen produziert.

#### Heulagerung

In der ČSSR wurde ein Heulager mit einer durchschnittlichen Kapazität von 8000 m<sup>3</sup> als komplett mechanisierte Einheit entwickelt, die in Sektionen aufgebaut ist und in unterschiedlichen Größen geliefert werden kann.

Ein- und Auslagerung erfolgen mit eingebauten Kränen von 3 bzw. 5 t Tragfähigkeit. Das automatisch geregelte Nachrocknen wird mit Kaltluft durchgeführt. A 4779

## Energiewirtschaftliche Betriebsanalyse und daraus abgeleitete Maßnahmen der Rationalisierung am Beispiel einer Milchviehanlage

Dipl.-Ing.-Ök. G. Böhmer, Institut für Energie- und Transportforschung Meißen-Rostock der AdL der DDR  
Agraring. R. Tietböhl, LPG Tierproduktion Demmin, Bezirk Neubrandenburg

Die energiewirtschaftliche Betriebsanalyse deckt den Informationsbedarf über den Stand der betrieblichen Energieanwendung und über die Art und die Wirkung der Faktoren, die den Energiebedarf beeinflussen. Gegenstand der im Rahmen der Betriebsanalyse durchzuführenden Einzelanalysen sind:

- Leitung, Planung und Organisation des betrieblichen Energieeinsatzes
- Energieträgereinsatz im Gesamtbetrieb und nach abrechenbaren Produktionseinheiten sowie Schwerpunktprozessen
- betriebliche Meßtechnik
- Erarbeitung und Anwendung von Normen und Kennzahlen
- Qualifikation des Bedienpersonals energieintensiver Anlagen [1].

Ergebnis der Betriebsanalyse ist die Ableitung und Realisierung sowohl betriebswirtschaftlich-organisatorischer als auch technisch-technologischer Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs. Die Analyse erfolgt in den Grenzen des Gesamtbetriebs (VEG oder LPG) bis hin zum energieintensiven Prozeß innerhalb der abrechenbaren Einheit. Für die Erarbeitung der Betriebsanalysen empfiehlt sich die Bildung einer Arbeitsgruppe, der der Energiebeauftragte, der technische Leiter, Kollegen des Energieak-

tivs, des Neuererkollektivs und der Betriebsabrechnung angehören.

#### Planung und Leitung der betrieblichen Energiewirtschaft

Bereits in der Phase der Erarbeitung der Analyse werden die Planung, Leitung und Organisation der betrieblichen Energieanwendung vielfach wesentlich qualifiziert. So wird der Energieplan in Zusammenarbeit mit den Energiebeauftragten erarbeitet. Vorgesehene Rationalisierungsmaßnahmen werden planwirksam, und es erfolgt eine Aufschlüsselung des geplanten Energieverbrauchs auf abrechenbare Struktureinheiten des Betriebs.

Zur Einhaltung und Unterschreitung der Kontingente und der betrieblichen Kennzahlen hat es sich bewährt, in der Leitung eine monatliche Kontrolle und die Gegenüberstellung des Verbrauchs aller Energieträger zum Verbrauch des Vormonats und des Vorjahrs vorzunehmen. Dadurch ist eine kurzfristige und direkte Einflußnahme auf den Energieverbrauch möglich.

Die betrieblichen Dokumente, z. B.

- Energieordnungen
- Maßnahmenpläne zur Energieeinsparung
- Antihavariepläne

- Pläne der Rationalisierungsvorhaben
  - Fahrzeugordnungen
- werden entsprechend dem Erkenntnisstand der Betriebsanalyse ständig aktualisiert, und die Neuerer können gezielt auf die Lösung energiewirtschaftlicher Schwerpunktaufgaben orientiert werden, wie z. B.
- Erarbeitung von Maschineneinsatzplänen einschließlich Ableitung von Maßnahmen zur Spitzenentlastung
  - Bau von Rationalisierungsmitteln
  - Veränderungen der Installation der gebäudetechnischen Ausrüstung.

#### Ermittlung des Energiebedarfs

Die Ermittlung der verbrauchten Energieträger nach Einsatzzeit, Energieträgerart und -menge und dem zeitlichen Verlauf des Bedarfs ist der wesentliche Schwerpunkt der Analyse. Für Betriebe bedeutet dies, daß der Energieeinsatz für alle abrechenbaren Einheiten und Prozeßabschnitte entsprechend den o. g. Parametern zu ermitteln ist. Das bedingt ein funktionsfähiges, aufeinander abgestimmtes System der betriebsökonomischen Abrechnung und der betriebswirtschaftlichen Meßtechnik. Wird in den Betrieben nach Kostenstellen und Kostenträgern abgerechnet und werden die Abrechnungspro-

gramme der ORZ der Bezirke genutzt, so lassen sich bei qualitätsgerechter Zuordnung der Leistungen und Kosten Abhängigkeiten zwischen dem Energieverbrauch und der Mechanisierung, dem Produktionsergebnis und dem Arbeitszeitaufwand und der Einsatzzeit der mobilen Mechanisierungsmittel ableiten und Kosten nachweisen, die mit dem Energieeinsatz nur indirekt in Zusammenhang zu bringen sind, wie z. B. für die Instandhaltung der Mechanisierungsmittel oder energieintensiver Anlagen. Bedingt durch die Nutzung von Altbaubsubstanzen und kleiner Stalleinheiten ist die Messung des Verbrauchs an Elektroenergie und festen Brennstoffen oftmals nicht möglich.

Die Zuordnung der Energiekosten erfolgt in Anlagen ohne Meßgeräte oftmals nach der Anzahl der Tierplätze bei Berücksichtigung der Tierart und einer groben Einschätzung der Mechanisierungsmittel. Ist dieses Verfahren bei Ställen mit gleicher Tierart, Mechanisierung und gebäudetechnischer Ausrüstung noch vertretbar und annähernd genau, so führt es bei Verbrauchern unterschiedlicher Produktionsrichtungen zu Fehleinschätzungen.

Die Ausstattung der Ställe u. a. Kostenstellen mit Elektroenergieunterzählern ist darum eine Forderung, die sich nicht allein aus den Anforderungen der wirtschaftlichen Rechnungsführung ergibt, sondern sie bildet die Grundlage für den rationellen Umgang mit Energie und ermöglicht die sinnvolle Kennzahlenarbeit.

In industriemäßig produzierenden Anlagen wird der Einbau von Unterzählern für abrechenbare Einheiten, wie z. B. Aufzuchtbereiche, Mastbereiche, Melksektionen, Nebenanlagen, dann empfohlen, wenn die Höhe des Verbrauchs den Einbau rechtfertigt und die vorhandenen Elektroenergieunterverteilungen die Messung des Gesamtverbrauchs der Einheiten zulassen. Bei nichtmechanisierten kleinen Altanlagen, deren Energieverbrauch offensichtlich eine untergeordnete Rolle im Verhältnis zum Gesamtbetrieb spielt, ist eine Zählertrennung nicht in jedem Fall gerechtfertigt, da weder die Aussage der Betriebsanalyse noch der betrieblichen Abrechnung wesentlich beeinträchtigt wird. Die Entscheidung über die Zählertrennung ist unter Berücksichtigung eines vertretbaren Aufwand-Nutzen-Verhältnisses in jedem Betrieb und für jeden Stall zu treffen. Der Einsatz von Kaltwasseruhren wird unabhängig von der Art der Wasserversorgung grundsätzlich in allen Stallanlagen mit fließfähiger Entmistung empfohlen, um über einen kontrollfähigen Wassereinsatz Einfluß auf den Trockensubstanzgehalt der Gülle nehmen zu können.

Beide Maßnahmen sind mit vertretbaren finanziellen Aufwendungen verbunden. Je Elektrozähler für Drehstrom ist mit rd. 500 M, für Einphasenzähler mit rd. 150 M und je Kaltwasseruhr mit rd. 200 M zu rechnen.

Die Messung des Wärmeenergieverbrauchs ist für herkömmliche Altanlagen mit vertretbarem Aufwand nicht zu erreichen. Hier erscheint eine Erfassung der den Kesselanlagen zugeführten Energieträgermengen und -arten als ausreichend. Der Einsatz von Wärmemengenrechnern zur Direktmessung des Wärmeenergieverbrauchs kann aus Kostengründen nur in industriemäßig produzierenden Anlagen für Schwerpunktverbraucher realisiert werden.

Der Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff wird durch Tanknachweise und Fahrtenbücher den Fahrzeugen exakt zugeordnet und nach Kostenträgern abgerechnet.

### **Abgeleitete Rationalisierungsmaßnahmen in der MVA Wolkow**

In der Milchviehanlage (MVA) Wolkow der LPG Tierproduktion Demmin, Bezirk Neubrandenburg, wurden aus der energiewirtschaftlichen Betriebsanalyse Rationalisierungsmaßnahmen abgeleitet [2].

#### *Dieselmotorkraftstoff*

Die Maßnahmen zur Bedarfssenkung beziehen sich hauptsächlich auf die Organisation des inner- und überbetrieblichen Transports, wobei die Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern an erster Stelle zu nennen ist. So haben sich Fahrgemeinschaften für den Personentransport bzw. Transportgemeinschaften besonders für ständig wiederkehrende Transportleistungen, z. B. die Wasserversorgung auf der Weide und die Futtertransporte, bewährt. Zur Auslastung der Transportkapazität und Vermeidung von Leerfahrten werden in Zusammenarbeit mit den Pflanzenproduktionsbetrieben optimale Routenpläne für die Futterversorgung der Ställe erarbeitet.

Bei der Direktbeschickung der Futterbänder bzw. der Doßierer von den Anhängern der Pflanzenproduktion reduziert sich der Aufwand für den Futterumschlag. Bedingung dafür ist, daß Wechselanhänger bereitstehen und die Grundmittel der Kooperationspartner gemeinsam genutzt werden. Diese Rationalisierungsmaßnahme hat in der 1930er-MVA Wolkow nachweislich eine Einsparung von 1,2 tDK/a erbracht.

Generell sollte bei allen Kooperationspartnern die leistungsgerechte Nutzung der mobilen Mechanisierungsmittel gesichert werden, d. h. daß die für die Innenmechanisierung besonders geeigneten Traktoren, auch Alttechnik (RS09/GT124), hauptsächlich in Stallanlagen einzusetzen und ggf. umzusetzen sind.

In Tierproduktionsanlagen kommen vielfach Reinigungsgeräte zum Einsatz, die mit Hilfe von Dieselmotorkraftstoff Warmwasser bereiten. Mit Zustimmung des zuständigen Tierarztes kann für einige Reinigungsarbeiten zur Kaltwasserreinigung übergegangen werden. Ist in den Anlagen eine Warmwasser-Ringleitung vorhanden, so wird der Anschluß der Reinigungsgeräte, bei begründeter Forderung nach Warmwasserreinigung, empfohlen.

Die erweiterte Anwendung der Kaltwasserreinigung brachte in der MVA Wolkow eine DK-Einsparung von 2,5 t/a.

#### *Elektroenergie*

Für die Ermittlung des Elektroenergieverbrauchs in den Prozeßabschnitten sind Maschineneinsatzpläne erarbeitet worden, die die Einsatzdauer und -zeit sowie die Leistungsansprüche aller Aggregate berücksichtigen. Anhand des Maschineneinsatzplans konnten Maßnahmen zur Spitzenentlastung eingeleitet werden, wie z. B. Verlagerung der Laufzeiten der Güllepumpen in lastschwache Zeiten oder Reduzierung der Lüftung und Beleuchtung, die zu einer Senkung der Leistungsansprüche von 67 kW in der Frühschicht und 40 kW in der Abendschicht führten.

Außerdem konnten 30 MWh/a durch die

Senkung der Einsatzzeiten der Aggregate eingespart werden. In industriemäßig produzierenden Anlagen ist die Stalllüftung ein Schwerpunkt der Energieanwendung und damit auch der Rationalisierung. Die Analyse der Betriebsweise der Lüftungsanlage in Wolkow ergab, daß 9 Primärlüfter und 8 Güllfortlüfter ständig und 26 Fortlüfter in den Giebeln nach Bedarf betrieben werden.

Der Anschlußwert der gleichzeitig betriebenen Lüfter lag zwischen 110 kW und 146 kW. Auf Vorschlag des Neuererkollektivs wurde das Lüftungsregime verändert, wobei durch Öffnen der Fenster und Tore weitgehend die freie Lüftung genutzt wird. Der Anschlußwert der gleichzeitig betriebenen Lüfter beträgt 11,2 kW und unter extremen Witterungsbedingungen maximal 69,9 kW. Erreicht wurde eine jährliche Einsparung von 130 MWh.

Aus der Betriebsanalyse wurde die Forderung nach Veränderung der Beleuchtungsinstallation abgeleitet. Die geteilt und als Gruppen von einem zentralen Schalter im Melkbereich schaltbaren Leuchtenbänder waren nicht bedarfsgerecht zu betreiben. Jetzt werden die Leuchtenbänder vor Ort entsprechend dem Bedarf nur längs den Krippen geschaltet. Jedes zweite Leuchtenband konnte im Produktionsbereich außer Betrieb gesetzt werden. Der Anschlußwert für die Beleuchtung wurde um 26,8 kW, der Elektroenergieverbrauch um etwa 40 MWh/a gesenkt.

Der langjährige durchschnittliche Wasserverbrauch der MVA wurde mit 265 m<sup>3</sup> je Tag gemessen. Durch den Einsatz von Euterduschen, den sparsamen Einsatz von Wasser bei der Reinigung im Milchgewinnungs- und Lagerbereich und die Verringerung der Naßreinigung durch eine Vorreinigung der Wartehöfe, Treibgänge und der Buchten mit dem Besen konnte der tägliche Wasserverbrauch um 92 m<sup>3</sup> auf 173 m<sup>3</sup> gesenkt werden. Dieser Verbrauch liegt unter dem Richtwert für 1930er-MVA [3]. Das bedeutet, daß mindestens täglich 9 Fahrten mit Güllefahrzeugen entfallen und der Elektroenergieverbrauch für die Fortleitung und Aufbereitung um rd. 30 MWh/a gesenkt wurde.

#### *Wärmeenergie*

In Vorbereitung der Rationalisierungsmaßnahme „Wärmerückgewinnung aus der Milch zur Gebrauchswarmwasserbereitung“ wurden Maßnahmen zur Senkung des Warmwasserverbrauchs realisiert, z. B.

- Einsatz von Euterduschen in der Melksektion
- Reduzierung der Zapfstellen für Warmwasser
- Vermeidung von Leckverlusten
- Reduzierung des Warmwasserbedarfs für Reinigungszwecke.

Der Verbrauch konnte auf 23 m<sup>3</sup>/d reduziert werden und unterschreitet damit die Richtwerte des rationellen Wassereinsatzes [4]. Der gesamte Warmwasserbedarf wird durch die Milchwärmerückgewinnungsanlage „System Lüssow“ gedeckt. Damit ist die Warmwasserbereitung aus dem Heizungssystem herausgelöst.

Dies wirkt sich besonders vorteilhaft aus, denn das Kesselhaus wird nur noch in der Heizperiode betrieben und die Vorlauftemperatur des Heizungssystems kann außen-temperaturabhängig gewählt werden.

Durch die Realisierung der Maßnahmen, die auch die Isolierung wärmeführender Leitungen

*Fortsetzung auf Seite 558*

# Temperatureinfluß auf das Fließverhalten von Gülle

Dr.-Ing. M. Türk, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## Verwendete Formelzeichen

A, B		Konstanten
d	m	Rohrinnendurchmesser
$h_s$	m/100 m	spezifische Förderhöhe
k	Pa · s <sup>n</sup>	Konsistenzkoeffizient
n		Fließexponent
TS	%	Trockensubstanzgehalt
$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom
$\alpha_T$		Temperaturzahl
$\dot{\gamma}$	1/s	Schergeschwindigkeit
$\vartheta$	°C	Temperatur
$\vartheta_N$	°C	konstante Normtemperatur
$\eta_s$	Pa · s	Scheinviskosität
$\tau$	Pa	Schubspannung

## 1. Problemstellung

Der innerbetriebliche Transport und Umschlag von Gülle erfolgt in den Tierproduktionsanlagen zumeist mit Pumpen und Rohrleitungen. Durch gezielte Wassereinsparung wird in zunehmendem Maß trockensubstanzreiche Gülle gewonnen. Die Funktionssicherheit vorhandener Förderanlagen ist aber oftmals nicht mehr gegeben. Die Berechnung dieser Förderanlagen hat daher mit äußerster Sorgfalt zu erfolgen, um Bemessungsfehler und Havarien zu vermeiden. Grundlage dazu sind relevante Stoffkennwerte und verallgemeinerungsfähige Berechnungsverfahren. Mit der Erhöhung des Trockensubstanzgehalts (TS-Gehalt) verstärken sich auch die nicht-Newton'schen Fließeigenschaften und Fließanomalien wie Plastizität und Thixotropie. Darüber wurde in bezug auf TS-reiche Schweinegülle bereits berichtet [1, 2]. Auch der Temperatureinfluß auf das Fließverhalten der Gülle ist von entscheidender Bedeutung. Allgemein nimmt die Viskosität von Flüssigkeiten mit steigender Tem-

Fortsetzung von Seite 557

peratur eingeschlossen, konnte der Verbrauch bezogener Energieträger für die Wärmeerzeugung im Verlauf von 2 Jahren von 9180 GJ/a auf 4685 GJ/a, also um rd. 49%, gesenkt werden.

In der MVA Wolkow hat es sich bewährt, tierplatz- und produktionsbezogene Kennzahlen vorzugeben und sie ständig zu qualifizieren. So konnte in verantwortungsvoller Mitarbeit aller Kollektivmitglieder durch die Realisierung der aus der Betriebsanalyse abgeleiteten Maßnahmen der Bezugsenergiebedarf um 33% gesenkt werden. Der spezifische Elektroenergieverbrauch unterschreitet mit 540 kWh/Tpl · a den Richtwert vergleichbarer Anlagen. Mit 1,2 GJ/Tpl · a Gebrauchsennergie Wärme wird der Richtwert weit unterschritten [3].

## Literatur

- [1] Weise, G.; Krüger, U.; Obst, G.; Wiezorek, S.: Energiewirtschaftliche Betriebsanalyse - Ein Weg zur Erschließung der Reserven. Information Energieanwendung. Herausgegeben vom Institut für Energetik/Zentralstelle für rationelle Energieanwendung 1982.
- [2] Betriebliche Dokumente der MVA Wolkow.
- [3] Autorenkollektiv: Betriebswirtschaftliche Richtwerte für die Pflanzen- und Tierproduktion. Herausgeber: Institut für SBW Böhlitz-Ehrenberg. Markkleeberg: agrabuch 1986.
- [4] TGL 28 761/02 Rationelle Wasserverwendung in der Tierproduktion. Ausg. Juli 1983 A 4743

peratur erheblich ab. Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind daher bei der Druckverlustberechnung unbedingt zu berücksichtigen.

Bei der Fließkurvenmessung entsteht durch die mechanische Scherbeanspruchung im Rotationsviskosimeter Dissipationswärme, die abgeführt werden muß; anderenfalls führt die Temperaturerhöhung zu einer Änderung des Fließverhaltens. Solche Fehlerinflüsse müssen durch Korrekturen eliminiert werden.

Während zur Berechnung der temperaturabhängigen Viskosität Newton'scher Flüssigkeiten, vor allem von Schmierölen, mehrere Temperaturformeln bekannt sind [3], ergeben sich bei nicht-Newton'schen Medien durch die Belastungs- und oftmals auch Zeitabhängigkeit erhebliche Probleme bei der Suche nach geeigneten Modellansätzen, die das Fließverhalten komplex darstellen.

Erstmals wurde der Einfluß der Temperatur auf das Fließverhalten einer Schweinegülle von TS = 10,77% von Hesse und Hummel [4] untersucht. Diese Ergebnisse sind jedoch noch nicht verallgemeinerungsfähig. So wurde die Aufgabe gestellt, die Temperaturabhängigkeit des Fließverhaltens von Rinder- und Schweinegülle systematisch zu untersuchen, eine vom Fließgesetz unabhängige temperaturinvariante Darstellung zu finden und ein verallgemeinerungsfähiges einfaches Rechenmodell abzuleiten.

## 2. Methodik

Das Fließverhalten von Rinder- und Schweinegülle ist vorwiegend abhängig vom TS-Gehalt und wird wie folgt eingestuft [2]:

TS ≤ 3%: idealviskoses (Newton'sches) Verhalten

3% < TS ≤ 8%: pseudoplastisches Verhalten

TS > 8%: nichtlinear-plastisches Verhalten. Unter der Voraussetzung, daß in diesen TS-Bereichen die grundsätzliche Fließcharakteristik auch bei Veränderung der Temperatur  $\vartheta$  erhalten bleibt, also die Fließkurven einen ähnlichen Verlauf zeigen und dem gleichen Fließgesetz gehorchen, wird folgende Temperaturzahl definiert:

$$\alpha_T(\vartheta) = \frac{\tau(\vartheta)}{\tau(\vartheta_N)} = \frac{\eta_s(\vartheta)}{\eta_s(\vartheta_N)} \quad (1)$$

Alle Schubspannungsmesswerte einer temperaturabhängigen Fließkurve  $\tau(\vartheta)$  werden auf einen Normzustand bei  $\vartheta_N = 20^\circ\text{C}$  bezogen. Diese in der Polymerenchemie auch als Verschiebungsfaktor bekannte Korrekturgroße [5] kennzeichnet in ausreichender Weise die Abweichung vom Normzustand  $\tau(20^\circ\text{C})$ .

Voraussetzung zur verallgemeinerten Anwendung des Rechenmodells der Form  $\alpha_T = f(\vartheta)$  ist der Nachweis, daß  $\alpha_T$  nur von der Temperatur abhängig ist und kein Einfluß der Belastungshöhe und Belastungszeit existiert. Bei Annahme eines quasistationären Strukturzustands nach erfolgter intensiver Scherdeformation im Rotationsviskosimeter ist der Zeiteinfluß (Thixotropie) vernachlässigbar. Die experimentellen Untersuchungen erfolgten mit einem temperierbaren Rotationsviskosimeter „Rheotest RV2“ vom VEB Prüfgerätekwerk Medingen in folgenden Meßbereichen:

$$0 < \vartheta < 50^\circ\text{C}$$

$$0,33 \text{ 1/s} < \dot{\gamma} < 145,8 \text{ 1/s}$$

5,3% < TS < 20% (Rindergülle, 16 Gülleproben)

3,1% < TS < 21,8% (Schweinegülle, 16 Gülleproben).

Insgesamt wurden 320 Fließkurven gemessen und dafür nach Gl. (1) für alle Schubspannungsmesswerte einer Fließkurve die  $\alpha_T$ -Werte bestimmt und gemittelt. Dabei wurde die Normierungskurve bei  $\vartheta_N = 20^\circ\text{C}$  mehrfach wiederholt.

Die temperaturabhängigen Fließkurven wurden einmal bei Erwärmung und danach bei Abkühlung aufgenommen. Die mittleren quadratischen Abweichungen (Standardabweichung) für alle gemessenen  $\alpha_T$ -Werte betragen  $s\% < 5\%$ , d.h. eine belastungsabhängige liegt nicht vor.

## 3. Ergebnisse

Die gewonnenen Ergebnisse sollen mit Hilfe eines einfachen Berechnungsmodells verallgemeinert werden. Bei der Auswertung zeigte sich, daß ein Exponentialansatz der Form

$$\alpha_T(\vartheta) = A \exp(B \vartheta) \quad (2)$$

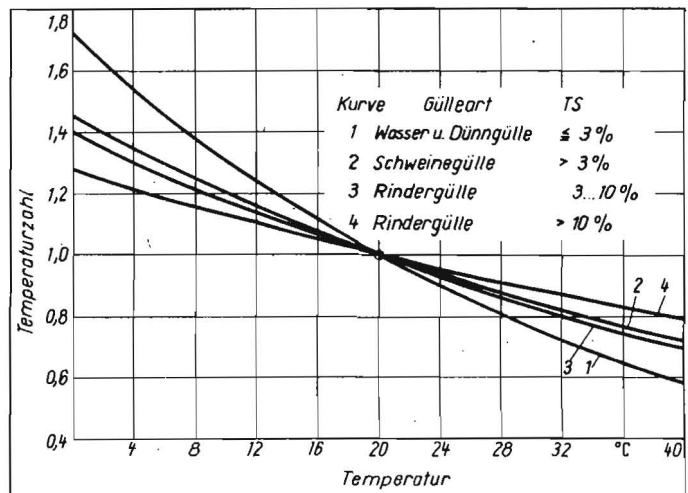


Bild 1  
Temperaturkorrektur des Fließverhaltens von Gülle  
 $\alpha_T(\vartheta) = \tau(\vartheta)/\tau(20^\circ\text{C})$