

4.4. Energiebedarf und Leistungsaufnahme
 Bezogen auf den Anschlußwert des Antriebsmotors von 5,5 kW und einen Durchsatz von 4 t/h errechnet sich ein spezifischer Energiebedarf von rd. 1,38 kWh/t.

In diesem Zusammenhang sei auf die niedrige Wirkleistungsaufnahme des Mischers hingewiesen, für die im praktischen Versuch am Beispiel der Vermischung von 94% Stroh mit 6% Natronlauge und bei einem Durchsatz von 4,2 t/h nur ein Wert von 1,6 kW gemessen wurde.

5. Ökonomische Vorteile

Durch die im Durchlaufmischer GM 609 erzielbare Homogenität des fertigen Futtermisches konnte beim nachfolgenden Kompaktierprozeß in der Futtermittelpresse GM 804 eine Senkung des spezifischen Energiebedarfs um mehr als 10% nachgewiesen werden. Außerdem bewirkt der Mischer eine wesentlich feinere Verteilung der Natronlauge und damit eine bessere Bindung an das Stroh. So zeigte sich bereits bei

einem Zusatz von 6% 24%iger Natronlauge der gleiche Aufschluß- und Pelletiereffekt wie sonst bei 10% Zugabe ohne Mischereinsatz. Die aufzuwendende Menge an Natronlauge konnte in diesem Fall anteilmäßig um 40% gesenkt werden.

Neben der Reduzierung der Einsatzmenge an Aufschluß- und Preßhilfsmitteln wird mit dem Durchlaufmischer GM 609 gleichzeitig die Preßlingsqualität verbessert. Demgegenüber verlässen die Futtermittelpresse ohne vorgeschalteten Mischer durch die ungleichmäßige Vermischung der festen und flüssigen Partikel vielfach zu feuchte oder zu trockene Pellets bzw. Briketts. Zu geringe Preßlingsfestigkeit, hoher Abrieb, verminderter Durchsatz und höherer Energiebedarf sind neben weiteren Nachteilen die Folge. Alle diese Mängel beseitigt der Durchlaufmischer GM 609 erfolgreich.

Der Mischer läßt sich mit relativ geringem Aufwand auch in allen vorhandenen Standard- und Initiativanlagen für die Futtermittelkompaktierung auf der Basis von Stroh und anderen Grobfuttermitteln nachrüsten.

6. Zusammenfassung

Im Beitrag wird der vom VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen, Betrieb Anlagenbau Dresden, neu entwickelte Durchlaufmischer GM 609 vorgestellt.

Dieser kontinuierliche Mischer hat eine Padelschnecke, die mit relativ niedriger Drehzahl in einem mit überhöhten Seitenwänden ausgeführten Trog läuft. Die konstruktive Gestaltung, die Arbeitsweise, die wichtigsten Kennwerte sowie die Vorteile des Mischers werden näher erläutert.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Empfehlungen zur Strohpelletierung mit Natronlauge. Berlin: Institut für Landwirtschaftliche Information und Dokumentation der AdL der DDR 1978.
- [2] Verfahrenstechnische Aufgabenstellung: Mischer für den Zusatz flüssiger Komponenten in Trockenfuttermitteln — Serienausführung. VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen Neustadt in Sachsen 1978.
- [3] Bedienungsanweisung Durchlaufmischer GM 609. VEB Kombinat Fortschritt Landmaschinen, Betrieb Anlagenbau Dresden 1979. A 2673

Untersuchungsergebnisse beim Dosieren von zwei Komponenten mit Schnecken

Dipl.-Ing. G. Krüger, KDT/Dipl.-Ing. F. Marten, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Es wurde die Aufgabe gestellt, eine preiswerte und wartungsarme Dosiereinheit hoher Zuverlässigkeit zu schaffen. Getreideschrot, vorwiegend aus Weizen, und Futterharnstoff waren aus örtlich getrennten Behältern in einem konstanten Verhältnis (vorzugsweise von 80 zu 20 Masseanteilen) abzuziehen. Bei einem Durchsatz der Gesamtmenge von maximal 2.500 kg/h war eine Abweichung beim Harnstoffanteil von $\pm 1\%$ zulässig. Im Ergebnis der Variantenanalyse wurden sowohl Chargierwaagen als auch kontinuierlich arbeitende Bandwaagen wegen des hohen Investitionsaufwands eliminiert und auf die Verwendung von Schnecken als Dosierelement orientiert.

2. Ergebnisse der Voruntersuchungen

Erste Erkenntnisse beim gleichzeitigen Dosieren zweier Komponenten mit Schnecken wurden beim Einsatz einer Dosier- und Speiseeinrichtung in Voruntersuchungen gewonnen [1]. Die Ergebnisse bestätigten, daß die geforderte Genauigkeit des Mischungsverhältnisses auch mit Schnecken erreichbar ist, wenn die Dichte des zu dosierenden Stoffes konstant ist, es nicht zu Verklebungen der Schneckenwendeln durch übergroße Gutfeuchte kommt, und wenn durch die konstruktive Gestaltung der Behälter und Schnecken Standzonen und Brückenbildung vermieden werden.

Während für das Dosieren von Harnstoff im geforderten Durchsatzbereich bereits konkrete Lösungen für Behälter und Schnecke vorlagen [2], waren für Schrot noch Voruntersuchungen notwendig. Unter der Voraussetzung, möglichst serienmäßig gefertigte Baugruppen zu nutzen, wurde auf das Mischfuttersilo G 807 und die Standardschnecke C 100 TGL 26112 orientiert. Zunächst mußte auch für

Schrot die Abhängigkeit des Durchsatzes von der Schneckendrehzahl bestimmt werden. Wie aus Bild 1 hervorgeht, ist im Drehzahlbereich von 10 bis 75 U/min ein linearer Zusammenhang gegeben. Es fällt auf, daß sich mit dem Einbau eines zusätzlichen Austragehilfskegels unmittelbar über dem Abzugsbereich der Schnecke

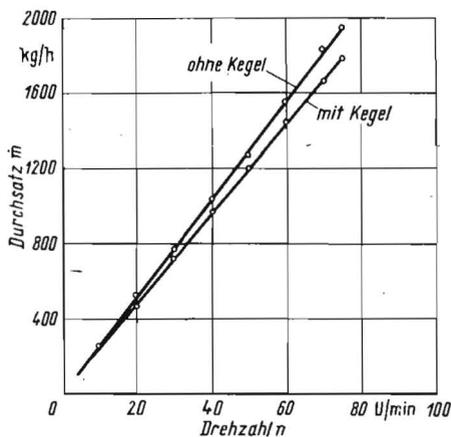
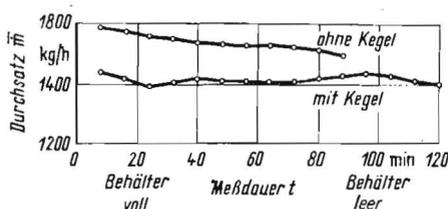


Bild 1. Durchsatzkennlinie der Schrotschnecke

Bild 2. Langzeitdosierung von Schrot; $n = 70 \text{ U/min} = \text{const.}$



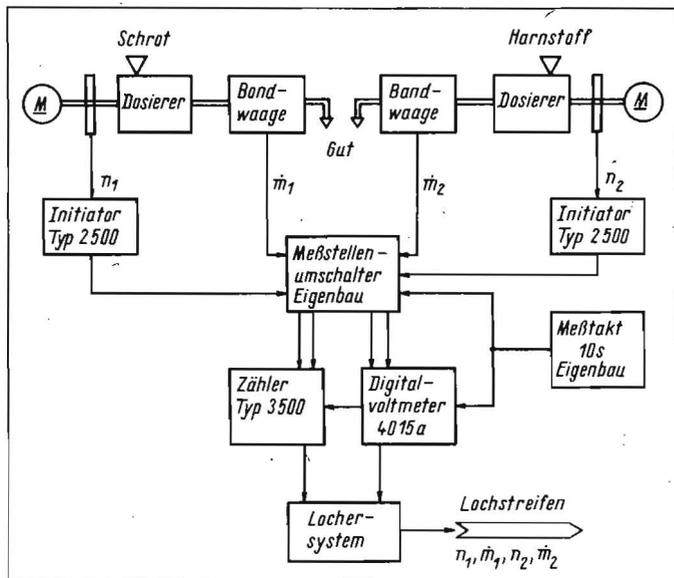
der Durchsatz bei sonst gleichen Versuchsbedingungen um rd. 6% verminderte. Wesentlich interessanter ist aber, daß die mittlere quadratische Abweichung von $\bar{s} = 0,025$ (ohne Kegel) auf $\bar{s} = 0,012$ (mit Kegel) reduziert wurde. Vermutlich sind diese Effekte auf eine gleichmäßige Auflockerung des Gutes und eine Verbesserung des Masseflusses zurückzuführen. In weiteren Untersuchungen wurde die Abhängigkeit der Durchsatzmenge vom Behälterfüllstand ermittelt. Bei konstanter Drehzahl von $n = 70 \text{ U/min}$ ergab sich ein annähernd linearer Abfall des Durchsatzes mit zunehmender Entleerung des Behälters. Bei Verwendung des o.g. zusätzlichen Austragehilfskegels wurde erreicht, daß der Durchsatz im wesentlichen konstant blieb (Bild 2). Auch hier reduzierte sich die mittlere quadratische Abweichung von $\bar{s} = 0,0195$ (ohne Kegel) auf $\bar{s} = 0,0064$ (mit Kegel).

3. Laboreinsatz

3.1. Versuchsaufbau und -durchführung

Die Versuchs- und Meßanordnung wird im Bild 3 schematisch dargestellt. Neben dem gleichzeitigen Erfassen der Drehzahl- und Durchsatzwerte der Dosierschnecken im Parallelbetrieb wurden mit dieser Anordnung auch deren Kennlinien ermittelt. Die Drehzahlcharakteristik der beiden thyristorgesteuerten Gleichstromtriebmotoren war auch unter Berücksichtigung der Motorerwärmung als nahezu identisch nachgewiesen worden. Die Meßdauer eines Einzelwertes der Kalibrierkurven beim Dauertest entsprach etwa einer Durchsatzmenge von 2.700 kg Getreideschrot.

Zeitweise wurde parallel zu den Durchsatzmessungen über eine Meßwelle das erforderliche



Tafel 1. Dosierkennwerte im Dauertest unter Laborbedingungen ($n = 70 \text{ U/min} = \text{const.}$; Streuung der Harnstoffwerte resultiert aus mehrmaliger Gutverwendung)

Meßdauer min	Schrot (mit Kegel)		Harnstoff	
	\dot{m} kg/h	S %	\dot{m} kg/h	S %
8	1638,0	0,90	454,87	4,84
16	1611,9	1,08	456,15	6,30
24	1589,6	0,64	461,24	7,82
32	1601,5	5,19	457,82	7,26
40	1615,0	0,43	455,23	6,29
48	1615,8	0,58	433,51	6,63
56	1608,5	0,22	455,09	5,04
64	1602,6	0,41	456,52	5,13
72	1605,2	0,80	455,68	4,80
80	1616,4	0,61	454,25	4,96
88	1624,1	0,58	450,78	5,15
96	1632,1	0,95	449,35	5,54
104	1630,6	0,96	—	—
112	1611,5	0,41	—	—
120	1599,0	0,31	—	—

◀ Bild 3. Schematische Versuchs- und Meßanordnung

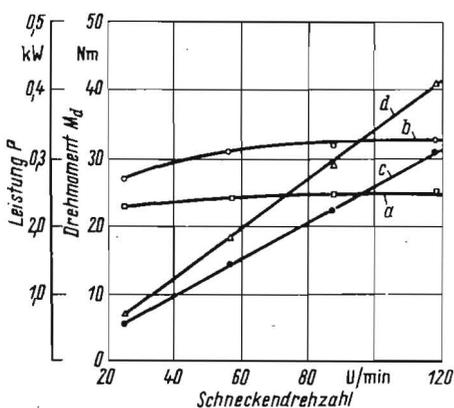


Bild 4. Leistungsaufnahme der Dosierschnecke für Schrot;
a mittleres Drehmoment M_d
b maximales Drehmoment M_d
c mittlerer Leistungsbedarf P
d maximaler Leistungsbedarf \dot{P}

Geräten des Mischfutterwerks ausgegangen werden. Das betraf in erster Linie die Zuführ-einrichtungen, Behälterstandorte und den nachgeordneten Mischer CM 1000. Die Versuchs-anordnung geht aus Bild 5 hervor. Die Komponenten Schrot und Harnstoff gelangten von den Dosierschnecken auf die Bandwaagen, wurden dort kontinuierlich gewogen und in einen Sammeltrichter abgegeben. Eine Förderschnecke transportierte das Gut dann weiter zum Mischer. Bei der Praxiserprobung wurde die gleiche Untersuchungsmethodik wie bei der Laborerprobung angewendet. Die Datenerfassung erfolgte wiederum nach der im Bild 3 dargestellten Meßanordnung. Die Schnecken-drehzahlen wurden dabei dem geforderten Mischungsverhältnis von 80 % Getreideschrot zu 20 % Harnstoff und einem Gesamtdurchsatz von rd. 2500 kg/h angepaßt. Diese Drehzahlen blieben im Versuchszeitraum bis auf geringe Änderungen infolge von Netzschwankungen konstant.

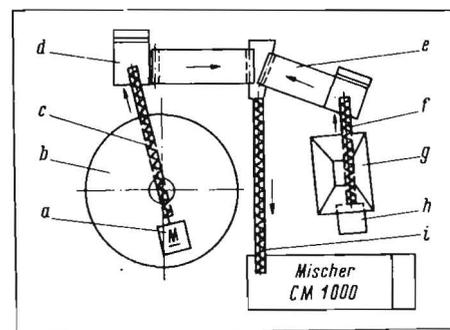


Bild 5. Versuchs-anordnung im Mischfutterwerk; a Antriebsmotor für Schrot-dosierschnecke, b Mischfuttersilo G 807, c Schrot-dosierschnecke, d Schrot-bandwaage, e Harnstoff-bandwaage, f Harnstoff-dosierschnecke, g Harnstoffbehälter, h Antriebsmotor, i Zuführschnecke

che Antriebsdrehmoment der Schrotschnecke ermittelt. Auf gleichartige Messungen an der Harnstoffschnecke konnte wegen des geringeren Durchsatzes verzichtet werden.

3.2. Laborergebnisse

Aufbauend auf die Kennlinien der Dosierschnecken $\dot{m} = f(n)$ für Schrot (Bild 1) und Harnstoff [2] wurde für die einjustierte Drehzahl von $n = 70 \text{ U/min}$ ein Dauertest gefahren. Die repräsentativen Einzelwerte, ausgewiesen durch Mittelwert und Streuung in Tafel 1, zeigen, daß die Dosiergenauigkeit der Schnecken innerhalb des geforderten Toleranzbereichs lag. Damit war für den angestrebten Durchsatzbereich die grundsätzliche Eignung der Gesamtdosieranlage nachgewiesen. Die Leistungskennwerte für den Antrieb der Dosierschnecke für Schrot sind im Bild 4 dargestellt und weisen auf den geringen Energieaufwand für den Antrieb derartiger Schneckendosierer hin. Während des kontinuierlichen Dosierprozesses konnten in beiden Behältern keine Brückenbildungen und Entmischungserscheinungen beobachtet werden.

4. Praxiserprobung

4.1. Aufbau und Durchführung

Bei der Konzipierung der Erprobungsanlage mußte von den festinstallierten Maschinen und

Tafel 2. Dosierkennwerte aus dem Praxiseinsatz

Datum	Schrot		Harnstoff		Anteil des Harnstoffs im Gemisch %
	Durchsatz \dot{m} kg/h	Drehzahl n U/min	Durchsatz \dot{m} kg/h	Drehzahl n U/min	
13. Okt. 1977	2096,82	71,6	536,40	82,7	20,37
	2023,20	71,7	545,04	82,8	21,22
	1961,57	71,4	533,16	82,6	21,37
14. Okt. 1977	2024,82	71,5	534,60	82,6	20,89
	1967,04	70,3	546,48	81,5	21,74
	2092,32	71,0	545,22	82,2	20,67
15. Okt. 1977	2103,48	71,3	547,78	82,4	20,66
	2084,40	70,6	526,79	81,8	20,17
	2081,88	71,0	534,71	82,1	20,44
17. Okt. 1977	2079,72	71,3	535,07	82,5	20,46
	2081,16	71,3	532,08	82,5	20,36
	2075,76	71,1	523,0	82,1	20,12
1977	2069,17	71,2	499,50	82,1	19,45
	2064,78	71,3	510,48	82,3	19,82
	2062,80	71,6	516,96	82,7	20,04
	2060,64	71,6	527,11	82,6	20,37
	2060,28	71,7	518,40	82,7	20,10
	Mittelwert \bar{x}	2058,25	71,3	530,28	82,4
Streuung S in %	2,01	0,54	1,26	0,43	—

4.2. Einsatzergebnisse

Die Gesamtdauer der meßtechnisch erfaßten Komponentendosierung betrug 510 min. Daraus ergibt sich je Dosierschnecke die Gesamtanzahl von 1530 Einzelwerten (jeweils für Drehzahl und Durchsatz). Im Ergebnis der Untersuchungen konnte eine mittlere Dosiergenauigkeit des Harnstoffanteils mit 20,49% +1,25%; -0,95% nachgewiesen werden. Die in Tafel 2 auffallenden großen Streuungen am 14. Oktober 1977 beruhen auf der Zuführung von Schrotresten mit abweichender Dichte aus mehreren Silozellen: Schließt man o. g. Fall aus, so ist das Ergebnis wesentlich besser. Der Harnstoffanteil im Gemisch beträgt danach 20,22% +0,45%; -0,77%. Die erzielten Dosiergenauigkeiten bei homogenen und parameterkonstanten Komponenten lagen damit innerhalb des geforderten Toleranzbereichs von 20% ± 1% Harnstoffanteil im Gemisch. Es ist zu beachten, daß durch

den Einsatz des Mischers CM 1000 nachträglich alle Maximum- und Minimumwerte zu einem Mittelwert abgeglichen werden. Füllstandsabhängige Schwankungen traten im Versuchszeitraum nicht mehr auf. Die passiven Behälterelemente (Einbaukegel, Entlastungsnasen) reichten zum stetigen Aufrechterhalten des Gutflusses aus.

5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Im Beitrag wird über Untersuchungen zum Dosierverhalten zweier parallelgeschalteter Schnecken für die Gemischherstellung von 80% Getreideschrot und 20% Harnstoff berichtet. Im angestrebten Gesamtdurchsatzbereich konnte für homogene und parameterkonstante Komponenten eine ausreichende Dosiergenauigkeit nachgewiesen werden. Die enge

Wechselwirkung von Behältergestaltung und Volumendosierer wurde erkannt und nutzbar gemacht. Eine starre Drehzahlzuordnung der Dosierschnecken erwies sich im Praxiseinsatz als ausreichend, so daß die beiden projektierten thyristorgesteuerten Gleichstromtriebemotoren gegen einen Drehstromtriebemotor mit Verteilergetriebe ausgetauscht werden konnten.

Literatur

- [1] Krüger, G.: Bericht über den Kombidosierer „Schwerin“. WZ für Landtechnik Schlieben 1976 (unveröffentlicht).
- [2] Krüger, G.; Marten, F.: Untersuchungsergebnisse beim Dosieren von Harnstoff mit einer Schnecke. agrartechnik 29 (1979) H. 8, S. 365—366.

A 2627

Technische Prinziplösung für das Dosieren von Mineral- und Wirkstoffmischungen

Dipl.-Ing. R. Becker, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/
Dipl.-Ing. W. Huschke, Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim
Dipl.-Phys. H.-J. Ogradowski, VEB Landtechnische Industrieanlagen Havelberg

Verwendete Formelzeichen

c	Konstante des Prozesses
K(τ)	Autokovarianz des Prozesses
T	Auffangzeit
t	Zeit
x(t)	stochastischer Prozeß
V _{rel}	relativer Variationskoeffizient
α	Abklingkonstante
β	Winkelgeschwindigkeit des Prozesses
μ_x	mathematische Erwartung des Prozesses x(t)
σ_x^2	Streuung des Prozesses x(t)
τ	Zeitabstand

Indizes:

0	Poissonprozeß
x	Modellprozeß
y	integrierter Modellprozeß

1. Problemstellung

Die Verabreichung von Mineral- und Wirkstoffmischungen in Anlagen der Rinderproduktion stellt seit langem ein ungelöstes Mechanisierungsproblem dar. Die verbreitete manuelle Verteilung direkt in die Krippe oder auf den gefüllten Grobfutterdosierer ist arbeitsaufwendig und zu ungenau. Kennzeichnend für die Situation ist auch die Tatsache, daß Angebotsprojekte ungeprüfte oder als „nicht geeignet“ beurteilte Dosierer, z. B. das in der Chemieindustrie unter Laborbedingungen verwendete regelbare Aufgabegerät MAR-1, erhielten [1, 2]. Auf der agra 1979 stellte der VEB Landtechnische Industrieanlagen (LIA) Havelberg den Mineralstoffdosierer H 825 M/H 826 M aus, der diese Lücke schließt. Seine Entwicklung erfolgte in enger Gemeinschaftsarbeit zwischen dem Hersteller, der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim und dem Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim. Dabei vergingen von ersten konzeptionellen Überlegungen über parallellaufende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie die landwirtschaftliche Eignungsprüfung bis zur

Produktion des Erzeugnisses weniger als drei Jahre.

Ausgangspunkte der Bearbeitung waren eine Analyse des nationalen und internationalen Standes und eine Zusammenstellung der technisch-technologischen Anforderungen in den ATF [3].

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- kurzzeitige Bevorratung und dosierte Abgabe von Mineral- und Wirkstoffmischungen, Harnstoff granuliert und Natriumazetat
- Einsatz in Futterhäusern der Rinderproduktion
- Massestrombereich von 10 bis 300 kg/h
- Variationskoeffizient der Dosiergleichmäßigkeit bei einer Auffangzeit von 10 s
 - bei einem Massestrom bis 50 kg/h: < 20%
 - bei einem Massestrom über 50 kg/h: < 10%
- Mindestvorratsvolumen 500 l
- Leistungsbedarf $\leq 1,5$ kW
- Nutzungsdauer 8 Jahre oder 40 000 Betriebsstunden.

2. Lösungsmethode

Unter Berücksichtigung der Schüttguteigenschaften der Mineralstoffe, besonders der Neigung zur Brückenbildung, wurde der Grundbaukörper des Kraftfutterdosierers H 82 mit veränderter Dosierschnecke ausgewählt. Zur Erfüllung der agrotechnischen Forderungen (ATF) war eine Reihe von Modifizierungen zu untersuchen, wie Schnecken unterschiedlicher Durchmesser, Steigungen und Ganghöhen, verschiedene Auslaufgestaltungen sowie die aktiven Austragehilfen Rührwelle und Schwingrüttler.

Die Arbeitsqualität der zu untersuchenden Lösungsvarianten läßt sich unter Laborbedingungen mit Hilfe einer Einrollenbandwaage bestimmen. Die der Bandbelegung proportionale Auslenkung der Wägerolle wird von einem induktiven Wegaufnehmer erfaßt, digitalisiert

und auf Lochstreifen gespeichert. Dieses Meßsystem ermöglicht die rationelle Erfassung einer großen Meßwertanzahl. Die Auswertung geht von der Theorie der stochastischen Prozesse aus [4]. Berechnet werden die statistischen Größen Mittelwert, Streuung, Testzahlen für Stationarität und die Autokovarianzfunktion mit Hilfe von Standardprogrammen. Der für die theoretische Berechnung der Autokovarianzfunktion verwendete Modellprozeß stellt einen Prozeß mit dominierender Frequenz, der Drehzahl der Dosierschnecke, dar. Für den Modellprozeß

$$x(t) = x_0(t) + c \mu_x \cos(\beta t) \quad (1)$$

ergibt sich die Autokovarianzfunktion zu

$$K_x(\tau) = \sigma_{x_0}^2 \text{EXP}(-\alpha|\tau|) + 0,5c^2 \mu_x^2 \cos(\beta\tau) \quad (2)$$

Die Voraussetzung $\sigma_{x_0}^2 \ll c \mu_x^2$, d. h. die Vernachlässigung der stochastischen Streuung des Dosierprozesses gegenüber der durch die dominierende Frequenz hervorgerufenen, ermöglicht nach Integration der Autokovarianzfunktion mit der Belastungsfunktion der Ein-

Bild 1. Relativer Variationskoeffizient bei einer dominierenden Einflußgröße des Prozesses

