

brechungen wird die abgelaufene Verzögerungszeit wieder gelöst.

Die Sollwerteneinstellung wird von der Bedienperson manuell über ein Potentiometer entsprechend der visuellen Einschätzung der Auslastung der Förderstrecke vorgenommen. Die jeweilige Ausgangsdrehzahl des stufenlos regelbaren Getriebes kann an einem Anzeigegegerät abgelesen werden. Eine Verstellung von Hand ist möglich.

Während der Versuchsdurchführung wird die Leistungsaufnahme des Steilförderers mit Hilfe eines Leistungsschreibers registriert. Die durch Klassierung der Aufzeichnungen bei zeitkonstanter Abfragung ermittelten Momentanwerte werden im Summenhäufigkeitsdiagramm dargestellt.

3. Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Aus der Summenhäufigkeitsverteilung der registrierten Leistungsaufnahme ist ersichtlich, daß im wesentlichen eine gleichmäßige Auslastung des Steilförderers vorliegt (Bild 2). Wird als Meßgröße zur Bildung der Regelabweichung die Leistungsaufnahme des Steilförderers verwendet, so liegt nur 1% der Meßwerte über der Nennleistung. Die lange Re-

gelstrecke bewirkt offensichtlich keine größeren Regulationsschwingungen. Funktions- und Betriebssicherheit des entwickelten Reglers sind gut. Die Bedienperson wird von der ständigen Handverstellung entlastet. Die Massestromerhöhung hängt vom Oberflächenprofil des Siliergutes im Dosierer und von der Aufmerksamkeit der Bedienperson beim Betrieb ohne Regelung ab und kann zahlenmäßig nur schwer eingeschätzt werden. Im Zusammenwirken mit anderen Veränderungen an der Maschinenkette [2] sind mittlere Masseströme von 70 t/h bei Welkgut und 140 t/h bei Frischgut in der Grundzeit T_1 erreicht worden. Verstopfungen werden im normalen Betrieb sicher vermieden.

Bei Verwendung der Meßgröße Leistungsaufnahme der Fräsrollen liegen 30% der Meßwerte über der Nennleistung (Bild 2).

Der Einsatz einer Massestromregelung in Hochsiloplanlagen mit Gurtbandsteilförderern wird empfohlen.

4. Zusammenfassung

Zur Hochsilobefüllung werden Dosierer eingesetzt, die eine gleichmäßige Zuführung des von Transportfahrzeugen abgekippten Siliergu-

tes zu nachfolgenden Fördereinrichtungen gewährleisten sollen. Es wird ein Regler unter-sucht, der in der Abhängigkeit vom Wirkleistungsbedarf eines Gurtbandsteilförderers die Zuführungsgeschwindigkeit des Förderers im Aufgabedosierer regelt. Zur Realisierung ist es erforderlich, das in den bestehenden Anlagen vorhandene regelbare Getriebe gegen ein Getriebe mit Verstellmotor auszuwechseln. Die Vor- und Nachteile verschiedener Meßgrößen zur Bildung der Regelabweichung werden erörtert und Meßergebnisse zur gleichmäßigen Auslastung des Steilförderers mitgeteilt. Durch die Regelung werden ein weitgehend konstanter Massestrom bei maximaler Auslastung der Förderstrecke, ein Schutz vor Überlastung und eine Entlastung der Bedienperson erreicht.

Literatur

- [1] Kraut, H.: Steuer- und Regeleinrichtungen für die Maschinenketten zur Hochsilobefüllung. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 7, S. 311—313.
- [2] Ehlert, D., u. a.: Vorschläge für Rationalisierungsmaßnahmen an der Maschinenkette zur Beschickung von Hochsilos HS 25 M. agrartechnik 31 (1981) H. 8, S. 346—349.

A 1513

Zur konstruktiven Gestaltung der Abfräeinrichtung an Grobfutterdosierern

Dipl.-Ing. D. Gatzky, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Die Abfräeinrichtung als wichtige Baugruppe von Grobfutterdosierern hat die Aufgabe, Futtermittel, die translatorisch stetig oder pulsierend durch entsprechende Förderelemente in einer Fräsebene bewegt werden, vom Stapelquerschnitt gleichmäßig und mit hoher Funktionssicherheit abzutrennen. Entsprechend den agrotechnischen Forderungen an die mobile und stationäre Futtermittelverteilung in der Rinderproduktion ist der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit V bei einer Probengröße von 30 kg für lose Schüttmassen auf Strohbasis von $V = 25\%$ und für Frischfutter und Silage von $V = 30\%$ nicht zu überschreiten [1].

Besondere Bedeutung bei der konstruktiven Gestaltung der Abfräeinrichtungen von international und national bekannten Grobfutterdosierern haben Frästrollen erlangt [2]. Außer in den Betriebsparametern unterscheiden sich die Dosierer in der konstruktiven Zuordnung wichtiger Funktionselemente [3]. Da zu erwarten ist, daß die Anordnung der Wirkelemente einer Abfräeinrichtung mit Frästrollen einen wesentlichen Einfluß auf die erreichbare Arbeitsqualität eines Dosierers hat, ist aufgrund von systematischen Untersuchungen eine Gestaltungsvariante vorzuschlagen, die hinsichtlich der erreichbaren Arbeitsproduktivität ein Optimum darstellt. Weiterhin ist der Einfluß der Umfangsgeschwindigkeit der Frästrollen auf den Dosierprozeß zu ermitteln.

2. Stand der Technik

Wieneke und Claus [4] weisen nach, daß mit größer werdendem lichten Abstand zwischen den Frästrollen b (Bild 1) die Gleichmäßig-

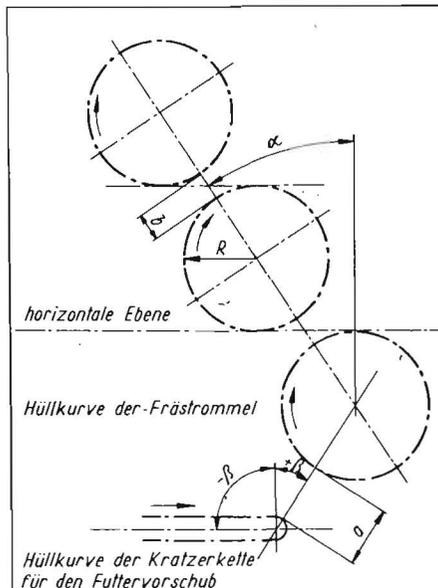


Bild 1. Konstruktive Parameter der Abfräeinrichtung

keit der ausgebrachten Futtermenge abnimmt und der Leistungsbedarf für das Abfräen von Grobfuttermitteln sinkt. Bei einem lichten Abstand b von 165 mm schwankt der Durchsatz 30 bis 40%, bei einer Spaltweite von 20 mm etwa 15 bis 20% um den gemittelten Massestrom von 12 t/h.

Werden statt drei Frästrollen nur zwei Trommeln bei gleicher Futterstockhöhe eingesetzt, schiebt sich Futter, bedingt durch die

Vergrößerung des Spaltes, zwischen die Frästrollen hindurch und bricht in größeren Portionen über dem Querrörderer ab [5].

Der günstigste Abstand b zwischen den einzelnen Walzen beträgt nach Ducho und Kubina [6] für das Abfräen von Maissilage 80 bis 120 mm. Kleinere Abstände lassen ein ungehindertes Abwerfen nicht zu, größere führen zu einem unregelmäßigen Transport des Materials zwischen den Walzen.

Die günstigsten qualitativen Parameter für das Dosieren von Grünmais, Klee, Silage und Strohhacksel werden bei einem Neigungswinkel der Abfräebene zur Vertikalen von $\alpha = 32^\circ$ ermittelt [7]. Die Größe der Neigung α ist abhängig vom Schüttwinkel φ , wobei folgende Beziehung gilt:

$$\alpha = 90^\circ - \varphi \quad (1)$$

Für Maissilage wird von den Autoren ein Neigungswinkel $\alpha = 20^\circ$ empfohlen [6]. Für das Dosieren von Welkgut, Grünmais und Strohhacksel im stationären Annahmedosierer H 10.1 ist eine Neigung $\alpha = 30^\circ$ geeignet. Um pelletierte Futtermittel mit hoher Dosierqualität zu verarbeiten, ist eine Schrägstellung der Fräsebene von mindestens $\alpha = 50^\circ$ erforderlich [8].

Bei senkrechter Anordnung der Fräsebene werden die Frästrollen unterschiedlich mechanisch beansprucht, wobei die untere und die mittlere Trommel einen wesentlich höheren Drehmomentenbedarf als die obere Trommel haben [5]. Livsič und Omel'čenko [7] empfehlen deshalb die schräge Anordnung der Frästrollen ($\alpha > 0^\circ$), die zur Entlastung der unteren Trommel führt und den Gesamtleistungsbedarf senkt.

Tafel 2. Variation der Konstruktionsparameter des Abfräseblocks

Konstruktionsparameter	Variante								
		1	2	3	4	5	6	7	8
Neigung der Abfräseebene zur Vertikalen α	°	0	15	25	30	30	30	40	30
Lage der unteren Frästrommel relativ zur Antriebswelle der Kratzerkette für den Futtervorschub β	°	0	18	19	38	38	38	0	38
lichter Abstand der Hüllkurven von Kratzerkette für den Futtervorschub und unterer Frästrommel a	mm	30	20	50	80	15	35	25	15
lichter Abstand der Hüllkurven zwischen den Frästrommeln b	mm	10	10	75	25	90	90	30	200

Tafel 1. Wesentliche technische Daten des stationären Labormusters einer Abfräseinrichtung

lichte Breite	2000 mm
Füllhöhe	1400 mm
Fülllänge	5000 mm
Anzahl der Frästrommeln	3
Frästrommeldurchmesser	455 mm
Frästrommelumfangsgeschwindigkeit	2,4...4,7 m/s
Anzahl der Kratzerketten für den Futtervorschub	2
Kratzerabstand	500 mm
Kratzervorschub	1,66...6,3 mm/s
Breite des Querförderers	600 mm
Kratzerabstand	130 mm
Kratzervorschub	1,42 m/s

3. Methode

Die experimentellen Untersuchungen wurden an einem stationären Dosierer durchgeführt, der im wesentlichen aus dem Grundgerät des Mehrzweckanhängers T 087 mit einer neugestalteten Abfräseinrichtung bestand (Tafel 1). Die Abfräseinrichtung setzte sich aus drei gleichen Frästrommeln mit horizontalen Drehachsen zusammen, die in einer Ebene angeordnet waren. Der Durchmesser der Frästrommeln betrug 455 mm. Folgende Konstruktionsparameter wurden variiert (Bild 1):

- Neigung der Abfräseebene zur Vertikalen α
- Lage der unteren Frästrommel relativ zur Antriebswelle der Kratzerkette für den Futtervorschub β
- lichter Abstand der Hüllkurven von Kratzerkette für den Futtervorschub und unterer Frästrommel a
- lichter Abstand der Hüllkurven zwischen den Frästrommeln b.

Zur Untersuchung eines Einflußparameters blieben andere Konstruktionsparameter konstant, so daß das Dosierergebnis nicht beeinflußt wurde (Tafel 2).

Zum stetigen Messen des Massestromes wurde eine elektromechanische Förderbandwaage eingesetzt, die in einem der Versuchseinrichtung nachgeschalteten Gurtbandförderer eingebaut war. Die Bandwaage gab ein analoges Signal, das über ein Meßwertlochsystem digital gespeichert und mit Hilfe der EDVA ausgewertet wurde.

Für die Bewertung der Qualität wurde der Dosiervorgang als stochastischer Prozeß betrachtet [9].

Wichtigstes Beurteilungskriterium für die Güte des dosierten Massestromes waren die Autokovarianzfunktion des durch eine Bandwaage aufgenommenen integrierten Prozesses

Tafel 3. Stoffkennwerte der verwendeten Futtermittel

Versuchsgut	Futterart	TS-Gehalt %	mittlere Häcksellänge mm	Bemerkungen
A	Grassilage	23	25	Lagerung im Hochsilo, Entnahme mit Schnecke
B	Stroh	81	10	Zerkleinerung mit Hammermühle
C	Grassilage	20	22	Lagerung im Horizontalsilo, Entnahme mit Kran
D	Mais	23	32,5	Ernte mit Feldhäcksler E 280
E	Grassilage	33	54	Lagerung im Horizontalsilo, Entnahme mit Kran
F	Mais	17	34	Ernte mit Feldhäcksler E 280

$$K_y(\tau) = \frac{1}{n - (\tau/z) - 1} \sum_{j=1}^{n - (\tau/z)} [y(t_j) - \mu_y] [y(t_j + \tau) - \mu_y]; \quad (2)$$

τ Zeitdifferenz
 z Abtastzeit der Bandwaage
 n Anzahl der Meßwerte
 $y(t_j)$ Realisierung des integrierten stochastischen Prozesses
 und der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit, ausgedrückt durch den Variationskoeffizienten

$$V = \frac{\sqrt{K_y(0)}}{\mu_y}; \quad (3)$$

$K_y(0)$ Anfangswert der Autokovarianzfunktion des integrierten Prozesses
 μ_y Schätzwert für den Erwartungswert des stochastischen Prozesses.

Als Versuchsgüter wurden Grünmais, Grassilage und fein zerkleinertes Stroh verwendet (Tafel 3).

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse bestätigen bekannte Untersuchungen, in denen die Neigung der Abfräseebene als dominierende Einflußgröße auf den Fehler der Dosiergleichmäßigkeit betrachtet wird. Ist die Neigung geringer als der sich im Behälter des Dosierers einstellende Schüttwinkel, rutschen große Gutschichten ab und verursachen erhebliche Ungleichmäßigkeiten im Massestrom. Gegenüber eingesetzten Grobfutterstoffen, die einen Schüttwinkel von 70 bis 80° im Behälter bilden, ist für fein zerkleinertes Stroh eine Neigung der Abfräseebene zur Vertikalen von mindestens $\alpha = 25^\circ$ erforderlich, um die geforderten Dosierqualitäten zu erfüllen (Tafel 4).

Der lichte Abstand der Hüllkurven von Kratzerketten für den Futtervorschub und unterer Frästrommel beeinflusst die Dosierqualität wesentlich. Bei einer Spaltweite $a = 80$ mm schiebt sich ein dicker Restgutstapel über die Abwurfkante. Sind die Haftreibung zwischen Gut und Kratzerfläche und die innere Reibung

Tafel 4. Einfluß konstruktiver Parameter der Abfräseinrichtung auf die Dosierqualität

Versuch	Variante	Versuchsgut	Schütthöhe im Behälter mm	Kratzervorschub mm/s	Massestrom t/h	Variationskoeffizient bei Auffangzeit T = 4,4 s
1				1,77	5,5	32,0
2	1	A	1200	2,32	7,6	30,6
3				2,72	9,2	29,4
4				1,77	5,6	20,7
5	2	A	1200	2,32	7,3	22,7
6				2,72	8,7	19,5
7	3	B	1200	2,72	1,4	21,2
8				2,72	1,5	13,6
9	4	C	1100	2,32	5,9	39,1
10			1100	2,32	5,4	38,7
11			1350	1,77	2,5	19,8
12		D	1350	2,18	3,3	17,2
13	5		1300	2,37	4,1	15,5
14			1100	1,66	5,8	17,3
15		E	1350	2,03	9,6	13,5
16			1100	2,37	9,4	15,2
17			1100	1,66	4,2	14,8
18	6	D	1050	2,03	5,1	12,4
19			800	2,18	5,2	15,2
20			800	1,66	2,8	25,6
21	7	F	650	2,03	3,9	24,0
22			800	2,57	5,9	21,5
23	8	C	1350	1,93	5,5	34,4
24			1200	2,32	6,9	34,5

des Futtermittels bei einer bestimmten Stellung des Kratzers zur Umlenkstelle überwunden, so treten unkontrolliert Abbrüche des Restgutstapels auf, die den Fehler der Dosiergleichmäßigkeit beeinträchtigen. Wird der Spalt auf 35 mm verringert, werden eingesetzte Futtermittel mit guter Arbeitsqualität dosiert. Beim Dosieren von Mais und Grassilage wird im Bereich von 15 bis 35 mm kein Unterschied in der Dosierqualität festgestellt, so daß zur Erreichung einer ausreichenden Funktionssicherheit die größere Spaltweite empfohlen wird (Versuche 9 bis 19).

Durch Anordnung der unteren Frästrommel vor die Antriebswelle der Kratzerkette für den Futtermittelschub im Bereich von $\beta = 30 \dots 40^\circ$ wird ein Teil des Restgutstapels, der durch einen funktionsbedingten Spalt zwischen unterer Frästrommel und Kratzerkette entsteht, abgefräst. Der Fehler der Dosiergleichmäßigkeit wird dadurch verringert (Versuche 17 bis 22).

Der optimale Abstand zwischen den Hüllkurven der Frästrommeln b ist von der Neigung der Abfräseebene zur Vertikalen und den Radien der Frästrommeln R abhängig:

$$b = 2R \sqrt{\tan^2 \alpha + 1} - 2R. \quad (4)$$

Wird der Abstand b nach Gl. (4) gewählt, tangieren die Hüllkurven benachbarter Frästrommeln in horizontaler Ebene.

Es besteht die Voraussetzung, daß der gesamte Futterstock aktiv von den Frästrommeln abgefräst wird. Bei einem Abstand $b = 200$ mm und einem Neigungswinkel $\alpha = 30^\circ$ entsteht ein vertikaler Spalt von 50 mm zwischen den horizontalen Abfräseebenen, der Ursache dafür ist, daß sich große Futteranteile zwischen die Frästrommeln schieben und als Futterklumpen auf den Quärförderer fallen (Versuche 23 und 24).

Ist der dosierte Gutstrom gleichmäßig und stationär, dann ist die Autokovarianzfunktion bei allen Dosierprozessen durch einen charakteristischen Verlauf gekennzeichnet. Durch

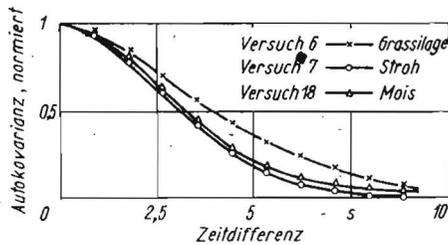


Bild 2. Normierte Autokovarianzfunktion der dosierten Futterströme

Einbau von zwei parallel, aber zueinander versetzt eingebauten Kratzerketten für den Futtermittelschub ist es möglich, periodische Schwankungen im Massestrom, die von Kratzerketten erzeugt werden, zu reduzieren (Bild 2).

Die Umfangsgeschwindigkeit der Frästrommeln in einem für das Abfräsen erforderlichen Bereich von 2,4 bis 4,7 m/s beeinflusst nicht die Dosierqualität. Für das Dosieren von trockenem, fein zerkleinertem Stroh sollte die Umfangsgeschwindigkeit gering gehalten werden, da erhöhte Staubentwicklung auftritt.

5. Zusammenfassung

Die konstruktive Zuordnung der Wirkelemente einer Abfräseinrichtung mit Frästrommeln hat wesentlichen Einfluß auf die Dosierqualität. Die wichtigste Voraussetzung für das gleichmäßige Abtragen einer Futterschüttung ist die Anpassung der Abfräseebene zum sich einstellenden Schüttwinkel des Futtermittels im Behälter.

Verbesserte Arbeitsqualitäten werden durch einen geringen Spalt zwischen der unteren Frästrommel und der Kratzerkette für den Futtermittelschub sowie durch Anordnung der unteren Frästrommel in Richtung der Futterabgabe erreicht. Der lichte Abstand zwischen den Frästrommeln ist von der geometrischen Anordnung und Größe der Wirkelemente abhängig.

Werden ermittelte Parameter bei der Konstruktion eingehalten, können bei ausreichender Funktionssicherheit die agrotechnischen Forderungen an die Arbeitsqualität eines Grobfutterdosierers erfüllt werden.

Literatur

- [1] Agrotechnische Forderungen an einen einachsigen Futtermittelverteiler zum Transportieren, Dosieren und Verteilen von losen Schüttmischungen und Grobfutterstoffen in Anlagen der Tierproduktion. FZM Schlieben/Bornim 1978 (unveröffentlicht).
- [2] Bialojan, G.: Grundlagenuntersuchungen über die Dosierung und Verteilung von Saft- und Kraftfutter in Rinderställen. Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim 1967 (unveröffentlicht).
- [3] Gatzky, D.: Optimierung der Abfräseinrichtung eines Grobfutterdosierers. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1980 (unveröffentlicht).
- [4] Wieneke, F.; Claus, H.G.: Eine Entwicklungsstudie über das Abfräsen und Dosieren von Halmgutstapeln. Landtechnische Forschung 16 (1966) H.2, S.41-46.
- [5] Müller, M.: Grundlagenuntersuchungen zur Dosierung und Verteilung von Saftfutter an Rinder. Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim 1967 (unveröffentlicht).
- [6] Ducho, P.; Kubina, L.: Vplyv pracovných mechanizmov davkovačích strojov objemových krmiv na rovnomernost prudu krmiva (Einfluß der Arbeitsmechanismen von Rauhfutterdosiermaschinen auf die Gleichmäßigkeit des Futterflusses). Zemědělská Technika (1974) H.9, S.505 bis 513.
- [7] Livsič, L.; Omel'čenko, A.: Vlijanie ugla naklona bloka biterov na process razdaču kormov (Der Einfluß des Neigungswinkels des Frästrommelblocks auf den Futtermittelverteilungsprozeß. Mechanizacija i elektrifikacija soc. sel'sk. choz. (1971) H.9, S.43-44.
- [8] Gatzky, D.: Dosieren von pelletierten Trockenfuttermitteln mit einem Versuchsmuster des Grobfutterdosierers. Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim 1976 (unveröffentlicht).
- [9] Michaelis, G.: Grundlagen zum Dosieren von Futterkomponenten und Gemischen. FZM Schlieben/Bornim 1978 (unveröffentlicht).

A 3105

Lagerung von Trockenmischfutter in Behältern

Dr.-Ing. C. Füll, KDT/Dipl.-Ing. V. Scholz

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

1. Problemstellung

Lagerbehälter für Trockenmischfutter kommen im Bereich der Landwirtschaft vor allem in Tierproduktionsanlagen zur Anwendung. Sie erfüllen hier die Funktion von Zwischenlagern und gleichen Schwankungen der Materialströme im Zugang und Bedarf aus. Diese Schwankungen können gleichmäßig periodischen oder stochastischen Charakter haben.

Lagerbehälter sind in den meisten Fällen Anfangsglieder vollmechanisierter und z. T. vollautomatisierter Fütterungssysteme. Aus diesem Grund werden an ihre Zuverlässigkeit und an die Gleichmäßigkeit des Massestroms sowie an die Futterqualität hohe Anforderungen gestellt. Um dem gerecht zu werden, muß die

Behälterkonstruktion in Abhängigkeit von den Stoffeigenschaften des Gutes und der verfahrensbedingten Bewirtschaftung optimal sein. In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus Untersuchungen zur Lagerung von Trockenmischfutter im Mischfuttersilo T721 mit und ohne Zusatzeinrichtungen dargestellt. Die Eignung technischer Lösungen für Rekonstruktions- und Rationalisierungsmaßnahmen steht im Mittelpunkt der Betrachtungen.

2. Stand der Forschung

Auf dem Gebiet der Gestaltung und Dimensionierung von Schüttgutlagerbehältern ist in der letzten Zeit ein bedeutender Erkenntniszuwachs eingetreten. Zur Vermeidung von Brückenbildungen wird die Geometrie der

Auslauftrichter schon größtenteils auf der Basis experimentell bestimmter Guteigenschaften berechnet. Die existierenden Vorschriften sind in [1, 2] zusammengefaßt dargestellt. Nachteile für die praktische Anwendung sind die z. T. recht erheblich voneinander abweichenden Ergebnisse. Das ist hauptsächlich in den unterschiedlichen Annahmen der im Gut wirkenden Spannungen, die zur Bildung bzw. Zerstörung von Brücken führen, begründet. Experimentelle Untersuchungen zur Entmischung von Trockenmischfutter hat Larson [3] durchgeführt. Der Grad der Entmischung, ausgedrückt als Verhältnis der Standardabweichungen des Gehalts der Inhaltsstoffe vor dem Befüllen S_F und nach der Entnahme S_E , nimmt mit den Befüllmethoden —