

6. Schlußfolgerungen

Die Gestaltung feldnaher Lager für mehrere Gutarten erfordert die wissenschaftliche Bearbeitung vieler Aufgaben verschiedener wissenschaftlich-technischer Bereiche.

Das Hauptproblem der Gestaltung feldnaher Lager besteht in der Überführung von zu schaffenden Modellvorstellungen auf konkrete Betriebsbedingungen. Hierbei gilt es vor allem, für konkrete Bedingungen differenzierte Lösungen zu finden.

Große Bedeutung für die Einrichtung feldnaher Lager haben stabile Fruchtfolgen für den größten Teil der Ackerfläche. Ausgehend davon lassen sich die Gutströme zeitlich und mengenmäßig analysieren. Das bildet die Voraussetzung für eine zweistufige Transportoptimierung, womit aus einer größeren Anzahl möglicher Lagerstandorte diejenigen mit dem geringsten Transportaufwand ausgewählt werden können [10].

7. Zusammenfassung

Erste Vorstellungen über den Zweck, die mögliche Gestaltung und betriebswirtschaftliche Einordnung von feldnahen Lagern für mehrere Gutarten werden mitgeteilt. Damit sollte angeregt werden, diesbezüglich vorhandene Erkenntnisse und Erfahrungen der Praxis und wissenschaftlichen Einrichtungen zur rationelleren Gestaltung der TUL-Prozesse in der Landwirtschaft zu verallgemeinern und nutzbar zu machen.

Literatur

- [1] 10. Tagung des ZK der SED. Berlin: Dietz Verlag 1979.
- [2] Grüneberg, G.: Der IX. Parteitag der SED über die Aufgaben der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft sowie die weitere gesellschaftliche Entwicklung auf dem Lande. Berlin: Dietz Verlag 1976.
- [3] Döll, H.; Uhlemann, F.: Internationale Tendenzen des Einsatzes von Transportfahrzeugen in der Pflanzenproduktion. agrartechnik 29 (1979) H. 2, S. 75—76.

- [4] Dreißig, M.: Front- und Schaufellader für den Einsatz in der Landwirtschaft. agrartechnik 28 (1978) H. 7, S. 313—314.
- [5] List, H.: Analyse von Umschlagprozessen in der Landwirtschaft und Schlußfolgerungen für die Rationalisierung der Umschlagprozesse. agrartechnik 29 (1979) H. 2, S. 76—78.
- [6] Steinbrenner, K.; Roth, R.; Höflich, G.: Die Fruchtfolge, eine wichtige Intensivierungsmaßnahme. Feldwirtschaft 20 (1979) H. 1, S. 8—10.
- [7] Richtwerte für die Planung der Pflanzenproduktion. Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg 1978.
- [8] Priebe, D.: Entwicklungstendenzen der Verfahren des Feldtransports. agrartechnik 27 (1977) H. 7, S. 300.
- [9] Liste, H. J.; Steinbrenner, K.: Fruchtfolge- und phytosanitäre Probleme bei hohen Anbaukonzentrationen. Tagungsberichte der AdL der DDR, Berlin (1977) Nr. 154, S. 139—147.
- [10] Kleinke, J.; Meißner, C.: Studienmaterial zur Transportoptimierung und ihrer Anwendung in der Landwirtschaft. Institut für Ausbildung und Qualifizierung beim Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Brieselang 1974 (unveröffentlicht). A 2526

Zugkraft- und Rollwiderstandsmessungen an landwirtschaftlichen Fahrzeugen

Dipl.-Ing. W. Recker, KDT/Dr.-Ing. R. Richter, KDT/Dipl.-Ing. F. Uhlemann, KDT
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Für die Beurteilung von mobilen Landmaschinen, Traktoren und Transportfahrzeugen (nachfolgend als Fahrzeuge bezeichnet) ist die Erfüllung der Fortbewegungsfunktion durch das Fahrwerk auf der Fahrbahn Ackerboden von wesentlicher Bedeutung. Zum quantitativen Vergleich der Fortbewegungsfunktion verschiedener Fahrzeuge können die mögliche Zugkraft F_{Zm} oder der mögliche Zugkraftbeiwert f_{Zm} unter definierten Fahrbahnbedingungen verwendet werden:

$$f_{Zm} = \frac{F_{Zm}}{F_{V_{ges}}}; \quad (1)$$

$F_{V_{ges}} = m \cdot g$;
 m Gesamtmasse des Fahrzeugs
 g Erdbeschleunigung.

Im Zugkraftbeiwert f_z des gesamten Fahrwerks sind die Massenverteilung auf angetriebene und nicht angetriebene Räder und der Rollwiderstand aller Räder berücksichtigt. Er gibt an, in welchem Maß weitere Fahrwiderstände überwunden werden können. Für den Fall

$$f_{Zm} > \sin \alpha + \frac{b}{g} \quad (2)$$

ist die Fortbewegung eines Fahrzeugs, das keinen Zugwiderstand F_{Wz} zu überwinden hat, an einer Steigung mit dem Hangneigungswinkel α und mit einer Beschleunigung b möglich. Das Übertragen von Triebkräften zwischen Fahrwerk und Boden ist immer mit einem Schlupf der Triebräder verbunden. Dementsprechend sind auch die Zugkraft und der Zugkraftbeiwert immer im Zusammenhang mit dem auftretenden Schlupf anzugeben. Für nicht angetriebene Fahrzeuge kann die Fortbewegungsfunktion durch den Rollwiderstand F_R oder den Rollwiderstandsbeiwert f_R bewertet werden:

$$f_R = \frac{F_R}{F_{V_{ges}}}. \quad (3)$$

Als Meßgrößen sind folglich die Zugkraft und der Triebdruckschlupf (jeweils zugeordnete Werte) oder der Rollwiderstand sowie die Gesamtmasse der Fahrzeuge zu bestimmen. Außerdem sind bei derartigen Messungen die Eigenschaften der Fahrbahn Ackerboden durch geeignete Kenngrößen sowie die Parameter des Fahrwerks reproduzierbar zu kennzeichnen. Im folgenden soll über eine mögliche Meßmethodik und Meßgeräte für Zugkraft-Schlupf-Messungen berichtet werden, die vor allem für den Vergleich der Fortbewegungsfunktion von Transportfahrzeugen konzipiert wurden.

2. Meßmethodik

Das Bestimmen der Zugkraft F_z kann durch Aufbringen eines definierten Zugwider-

stands F_{Wz} bei der Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit auf einer ebenen, nicht geneigten Fläche erfolgen. Um den Zusammenhang zwischen Zugkraft und Schlupf und die mögliche maximale Zugkraft F_{Zm} zu bestimmen, ist ein systematisches Variieren des Schlupfes und des Zugwiderstands erforderlich.

Das Bestimmen der Zugkraft erfolgt durch Abbremsen, und der Rollwiderstand wird durch Ziehen des zu untersuchenden Fahrzeugs mit einem geeigneten Zug- und Bremsfahrzeug ermittelt (Bild 1).

Die Kraft zwischen den Fahrzeugen wird mit Hilfe einer Meßstange gemessen. Bei der Zuordnung der Fahrzeuge ist zu gewährleisten, daß die Meßstange waagrecht in der Fahrzeuglängsachse des zu untersuchenden Fahrzeugs liegt und das zu untersuchende Fahrzeug bei den Rollwiderstandsmessungen nicht in der Spur des Zugfahrzeugs fährt.

Bild 1. Versuchsdurchführung bei der Rollwiderstandsmessung



Unterschiedliche Zugkraft-Schlupf-Werte werden durch Verändern der Fahrgeschwindigkeit des Bremsfahrzeugs bei angestrebter konstanter Umfangsgeschwindigkeit ($v \approx 1,5 \dots 2,2 \text{ m/s}$) der Triebäder am zu untersuchenden Fahrzeug eingestellt. Durch eine geringe Fahrgeschwindigkeit soll erreicht werden, daß die maximal zwischen Fahrwerk und Boden übertragbare Zugkraft bestimmt wird und keine Begrenzung durch die Antriebsleistung auftritt.

Am Zug- und Bremsfahrzeug befindet sich ein Meßrad zum Bestimmen des Fahrwegs und am zu untersuchenden Fahrzeug ein Meßgeber für den Abrollweg der Triebäder, der entweder an einem Triebad (nur bei gesperrtem Verteilergetriebe möglich) oder vor dem Verteilergetriebe angeordnet ist.

Um unterschiedlichen Schlupf der Triebäder auszuschließen, werden die Fahrzeuge mit gesperrtem Verteilergetriebe gefahren (wenn Sperrung möglich ist).

Bei der Anlage der Versuche ist davon auszugehen, daß zu vergleichende Messungen unter einheitlichen Bedingungen durchgeführt und während einer Messung eingestellte Parameter konstant gehalten werden. Für die Meßstrecken sind deshalb Flächen mit weitgehend einheitlichem Bodenzustand vorzusehen. Die Länge der Meßstrecken beträgt 5 bis 8 m bei den Zugkraft-Schlupf-Messungen und rd. 20 m bei den Rollwiderstandsmessungen. Innerhalb dieser kurzen Meßstrecken werden ein gleichmäßiger Fahrzustand angestrebt und für Zugkraft, Schlupf, Rollwiderstand und Fahrgeschwindigkeit der Mittelwert berechnet. Um genügende Sicherheit der Messungen zu erhalten, erfolgen mehrere Wiederholungen, deren Anzahl aus der Streuung der Meßwerte nach den bekannten statistischen Methoden zu ermitteln ist.

Die Angabe der Ergebnisse erfolgt zweckmäßig als Einzelwert bei den Rollwiderstandsmessungen und bei den Zugkraft-Schlupf-Messungen in den bekannten Zugkraftbeiwert-Schlupf-Diagrammen, aus denen der maximale Zugkraftbeiwert mit zugehörigem Schlupf oder andere interessierende Zugkraft-Schlupf-Werte bestimmt werden können.

3. Meßgeräte

Im Bild 2 ist ein Schema zur Verarbeitung der Meßsignale dargestellt.

3.1. Fahrgeschwindigkeits- und Schlupfmessung

Zur Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit v_f und des Schlupfes S ist die Kenntnis des vom Fahrzeug tatsächlich zurückgelegten Wegs s_1 , des schlupflosen Abrollwegs s_0 der Triebäder und der dafür notwendigen Zeit t erforderlich. Als Meßwandler für die Wegmessung kommen in-

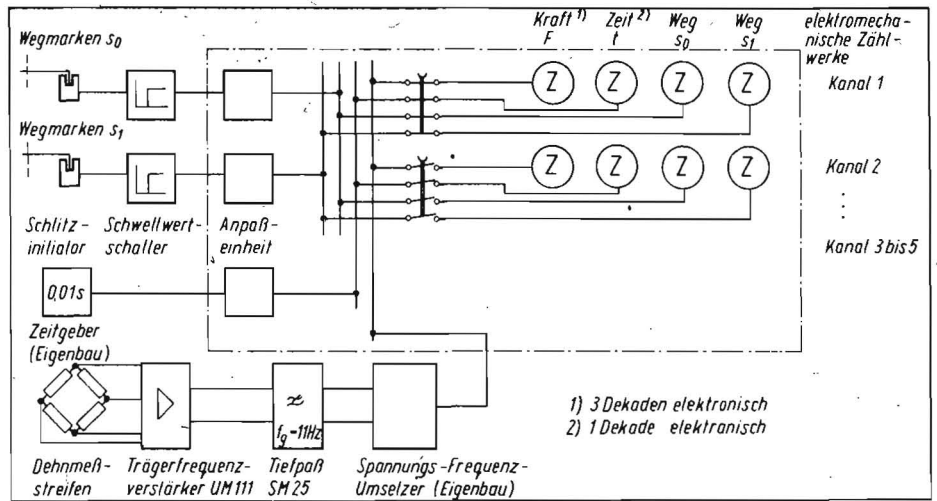


Bild 2. Verarbeitung der Meßsignale für die Kraft-, Zeit- und Wegmessung

duktive Schlitzinitiatoren zur Anwendung, durch die ein mit der Nabe des Rades fest verbundener geschlitzter Zylinder läuft (Bild 3). Je Umdrehung der Nabe werden 28 Impulse gewonnen, so daß sich die Wege s_0 und s_1 in Schritten von $1/28$ des Radumfangs bestimmen lassen ($\approx 62 \text{ mm}$ für s_1 , $110 \dots 170 \text{ mm}$ für s_0 je nach Triebad Durchmesser). Der durch die schrittweise Darstellung des Wegs entstehende Fehler ist bei der gewählten Meßstreckenlänge von 5 bis 8 m kleiner als 1,3 % für s_1 und kleiner als 3,4 % für s_0 . Die Anzahl der Impulse je Radumdrehung (28) ergibt sich aus der maximalen Zählfrequenz (50 Hz) der verwendeten mechanischen Zählerwerke sowie aus dem Durchmesser der verwendeten Radnabe des Motorrades MZ ES 150. Das Kalibrieren der Meßgeber erfolgt durch Schleppen des Fahrzeugs über einen definierten Weg.

Das Bestimmen der Zeit wird durch eine elektronische Schaltung unter Verwendung der digitalen Bausteinreihe des VEB Werk für Fernsehelektronik (WF) Berlin vorgenommen. Die von einem Quarzgenerator erzeugte, äußerst genaue und konstante Frequenz von 1 MHz wird durch dekadische Untersetzerstufen bis zu einer Frequenz von 100 Hz geteilt. Entsprechend der Quantisierung auf $1/100 \text{ s}$ ist bei Meßzeiten von 1 bis 2 s die Zeit mit einem Fehler kleiner als 1 % bestimmbar. Wird bei der Registrierung der Zeitimpulse der Aufwand um eine Dekade erhöht, läßt sich der Fehler um eine Dezimalstelle auf kleiner als $1/100$ reduzieren.

3.2. Kraftmessung

Die zur Kraftmessung verwendete Meßstange besteht aus einer normalen Schleppstange, in die als Meßstelle ein massiver rotationssymmetrischer Verformungskörper eingeschweißt

ist. Das Messen der Verformung dieses Körpers wird in bekannter Weise mit Draht-Dehnmeßstreifen unter Verwendung eines Universalmeßverstärkers UM 111 vorgenommen. Eine zweite auf dem Verformungskörper angebrachte Meßbrücke aus Dehnmeßstreifen mit einem zweiten Meßverstärker UM 111 bietet dem Fahrer des Zug- und Bremsfahrzeugs die Möglichkeit, den Wert der Zugkraft zu beobachten und zu beeinflussen. Auf die Registrierung der Zugkraft sowie aller anderen Meßgrößen wird unter Pkt. 3.3. eingegangen. Für die Kalibrierung der Meßstange wird eine spezielle Einrichtung verwendet (Bild 4). Mit Hilfe einer handbetätigten Hydraulikpumpe wird über einen Hydraulikarbeitszylinder eine Zugkraft auf die Meßstange ausgeübt. In Reihe mit der Meßstange liegt ein Kraftmeßbügel, der ein genaues Messen der Kraft gestattet. Mit dieser Kalibriereinrichtung ist es jederzeit mühelos möglich, die Kalibrierung der Meßstange durchzuführen. Die Meßstange wurde bei der Kalibrierung mit max. 60 kN (6 Mp) belastet. Die zeitliche Konstanz sowie die Linearität des Meßwerts erwiesen sich als gut.

3.3. Mittelwertbildung der Zugkraft und Registrierung der Meßwerte

Der zeitliche Verlauf der Zugkraft zeigt starke Schwankungen. Für die weitere Meßwertverarbeitung ist aber nur der Mittelwert der Zugkraft auf einer festgelegten Meßstrecke von Interesse. Da der Meßwert der Zugkraft als elektrische Spannung am Ausgang des o.g. Universalmeßverstärkers UM 111 vorliegt, ist die Mittelwertbildung auf elektronischem Wege möglich. Die maximale Schwankungsfrequenz wird dazu zunächst mit einem Tiefpaß auf 11 Hz begrenzt. Extrem kurzzeitige Spitzen-

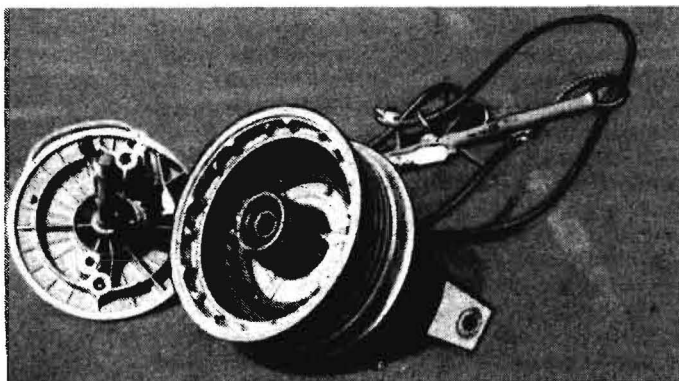
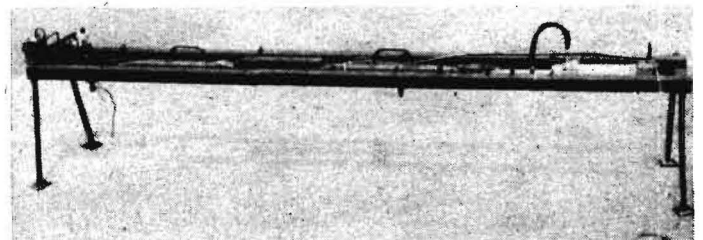


Bild 3. Innerer Aufbau der Impulsgeber für die Wegmessung

Bild 4. Einrichtung zum Kalibrieren der Meßstange



werte der Zugkraft, die aufgrund der hohen Eigenfrequenz der Meßstange aufgenommen werden können, werden so ausgefiltert. Die gefilterte Spannung wird einem Spannungs-Frequenz-Umsetzer zugeführt. Eingesetzt wird ein handelsüblicher Baustein SFU 1 aus dem digitalen Bausteinsystem des VEB WF Berlin. Mit diesem Baustein wird eine Spannung von 1 V (entspricht etwa der Ausgangsspannung des UM 111) in eine Impulsfolge der Frequenz 10 kHz umgesetzt. Wird bei der Kalibrierung, bei der ja die Kraft zeitlich konstant ist, die Anzahl der Impulse je Sekunde festgestellt, so ist der Mittelwert des gemessenen Kraftverlaufs aus dem Quotienten der Impulszahl am Ausgang des Spannungs-Frequenz-Umsetzers und der gleichzeitig registrierten Zeit einfach bestimmbar.

Die Registrierung aller Meßwerte gestaltet sich so sehr einfach, da einschließlich der Zugkraft alle Werte als Impulsfolgen vorliegen. Prinzipiell wäre durch Einsatz gleicher Zähler für alle Meßgrößen die Registrierung möglich. Da jedoch die Frequenzen der einzelnen Meßgrößen sehr unterschiedlich sind, werden für die Registrierung der Wege elektromechanische Zählwerke mit einer maximalen Zählfrequenz von 50 Impulsen je Sekunde vorgesehen. Das Registrieren der Zeit und der Kraft erfordert das Vorschalten elektronischer Zähldekaden vor die elektromechanischen Zählwerke.

Für das Speichern aller Meßwerte wurde ein Gerät mit sechs Speicherkanälen zu je vier Speicherplätzen aufgebaut (Bild 5). In die vier Speicherplätze je Kanal werden die Zählraten für die Meßwerte Zugkraft (Z_F), Zeit (Z_t), schlupfbehafteter Weg (Z_1) und schlupfloser Weg (Z_0) eingespeichert. Durch die vorhandenen sechs Speicherkanäle ist es möglich, bei einer Meßfahrt sechs Meßwertgruppen zu speichern.

Das Berechnen der Meßwerte für Kraft, Schlupf und Fahrgeschwindigkeit erfolgt dann nach folgenden Gleichungen:

$$F = k_f \frac{Z_f}{Z_t} \quad (4)$$

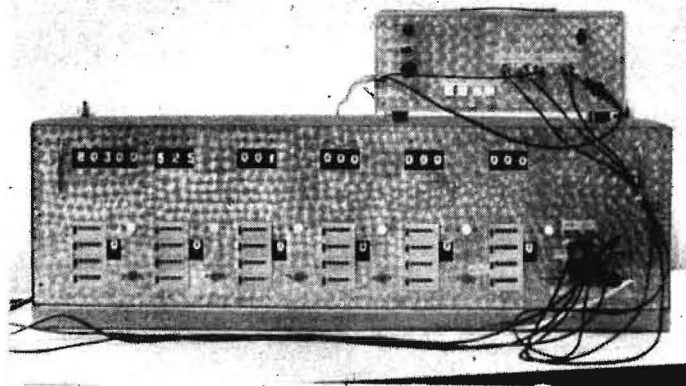
$$S = 1 - k_s \frac{Z_1}{Z_0} \quad (5)$$

$$v_f = k_v \frac{Z_t}{Z_0} \quad (6)$$

k_f , k_s , k_v Kalibrierkonstanten.

Diese einfachen Rechenoperationen lassen sich

Bild 5
Spannungs-Frequenz-Umsetzer und elektronisch-elektromechanisches Zählgerät



müheles mit einem Taschenrechner durchführen, so daß unmittelbar nach jeder Meßfahrt die Meßwerte berechnet werden können.

4. Anwendung der Meßgeräte

Die Anwendung der beschriebenen Meßgeräte ergibt gegenüber den herkömmlichen Verfahren mit Aufzeichnung des Meßgrößenverlaufs auf Meßschrieb oder Magnetband und anschließendem Planimetrieren oder Klassieren folgende Vorteile:

- Meßwerte können aus den gezählten Impulsen durch einfache Rechenoperationen während der Versuchsdurchführung berechnet und damit zur operativen Versuchsplanung verwendet werden
- Einsparung des Ausplanimetrierens der Meßschriebe
- Einsparung von Registrierpapier
- Einsatz relativ einfacher und robuster Meßgeräte, die bei entsprechenden Platzverhältnissen unmittelbar auf dem Zug- und Bremsfahrzeug mitgeführt werden können.

Nachteilig ist, daß durch die sofortige Bildung des Mittelwerts der Kraftverlauf nachträglich nicht mehr zur Überprüfung herangezogen werden kann. Voraussetzung für die Anwendung ist deshalb, daß dem stochastischen Kraftverlauf keine systematischen Veränderungen überlagert sind. Die Überprüfung des Kraftverlaufs und der Vergleich des Mittelwerts mit Meßschrieben ergab, daß für die angegebenen Meßstreckenlängen von 5 bis 8 m ein gleichmäßiger Kraftverlauf angenommen werden kann und keine nachweisbaren Unterschiede des Mittelwerts auftreten.

5. Zusammenfassung

Zur Einschätzung der Fortbewegungseigenschaften von landwirtschaftlichen Maschinen, Traktoren und Transportfahrzeugen auf der Fahrbahn Ackerboden werden der Zugkraft- und der Rollwiderstandsbeiwert verwendet. Für die dazu notwendigen Zugkraft-Schlupf- und Rollwiderstandsmessungen werden eine Meßmethodik und zu ihrer Realisierung erforderliche Meßgeräte vorgestellt.

Bei den Messungen wird auf das Erfassen der Fahrgeschwindigkeit, des Schlupfes und der Zugkraft oder des Rollwiderstands auf möglichst kurzen Meßstrecken orientiert, um unkontrollierbare Veränderungen von Einstellparametern und Einflüsse durch Störgrößen weitgehend auszuschließen. Das Registrieren der Meßwerte erfolgt durch Zählen der Impulse von Wegmarkengebern, des in eine Impulsfolge umgewandelten Kraftverlaufs und von Zeitimpulsen. Zum Digitalisieren des Kraftverlaufs und Zählen der Impulse werden auf der Grundlage von handelsüblichen Bauelementen aufgebaute Spannungs-Frequenz-Umsetzer und elektronisch-elektromechanische Zählgeräte eingesetzt.

Durch die Anwendung der Meßmethodik und -geräte kann der Aufwand für die Versuchsdurchführung und -auswertung gering gehalten werden. Die Ergebnisse können durch einfache Rechnungen in kurzer Zeit ermittelt und unmittelbar zur operativen Versuchsplanung eingesetzt werden.

A 2541

Berechnungsvorschrift für Schneckenförderer zur Senkrechtförderung landwirtschaftlicher Schütt- und Halmgüter

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

1. Aufgabenstellung

Die senkrechte Förderschnecke wird aufgrund ihres einfachen und robusten Aufbaus als Stetigförderer vielfältig eingesetzt. Während zur Schüttgutförderung umfangreiche Untersuchungen bekannt sind, liegen zur Halmgutförderung nur begrenzte Aussagen vor [1, 2].

Nachfolgend wird zunächst eine Berechnungsvorschrift erläutert, die ein durchgängiges Berechnen des Fördervorgangs der senkrechten Förderschnecke zuläßt. Danach wird anhand von Untersuchungen der Nachweis für die Anwendbarkeit der Rechenvorschrift erbracht. Die Untersuchungen zur Halmgutförderung

erfolgten auch hinsichtlich der Überprüfung des universellen Einsatzes der senkrechten Förderschnecke bzw. der Ermittlung der Einsatzgrenzen. In einem weiteren Beitrag soll dann die Möglichkeit einer Optimierung des Fördervorgangs in der senkrechten Förderschnecke erläutert werden.