

messungen des Kompensationsaufnehmers müssen zum Erzielen des Abstimmungsverhältnisses $\eta \rightarrow 0$ den Parametern des Aufnehmers für die Bodenreaktion angepaßt werden. Zum einfachen Abgleich empfiehlt sich der Einsatz von Tandemabgleichwiderständen, die mit den auf dem Kompensationsaufnehmer angeordneten DMS in Reihe zu schalten sind. Diese Stör-signal-kompensation ist beim Untersuchen schwingender schar-, zinken- oder klingenförmiger und auf verschiedene Schwingungssysteme zurückführbare Werkzeuge mit sehr steifem Werkzeugrahmen anwendbar.

Literatur

- 1) Seidel, B.: Bodenbearbeitung mit keilförmigen, schwingenden Lockerungswerkzeugen. In: Vorträge anlässlich eines Symposiums des Wissenschaftsbereichs Mechanisierung der Pflanzenproduktion zur Mechanisierung der Landwirt-

schaft aus Anlaß des 75. Geburtstages von Heinrich Heyde. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg (1978) S. 22—40.

- [2] König, G.; Seidel, B.; Rudolph, W.: Beitrag zur Untersuchung von grubberartigen Bodenbearbeitungswerkzeugen. agrartechnik 29 (1979) H. 11, S. 492—494.
 [3] Holzweißig, F.: Einführung in die Messung mechanischer Schwingungen. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1963.
 [4] Plötner, K.: Untersuchungen über den Bodewiderstand und Bodenaufbruch beim Einsatz von Lockerungswerkzeugen. Technische Universität Dresden, Dissertation 1970 (unveröffentlicht).
 [5] Bernhardt, G.: Untersuchungen über das mechanische Verhalten des Bodens unter Einwirkung eines um eine horizontale Achse rotierenden Werkzeuges. Technische Universität Dresden, Dissertation 1972 (unveröffentlicht).
 [6] Troppens, D.: Grundlagen der Meßtechnik bei Landmaschinenuntersuchungen. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 5, S. 223—226; H. 6, S. 291—293;

H. 7, S. 338—341; H. 8, S. 382—384.

- [7] Seidel, B.: Untersuchungen an einem schwingenden Bodenbearbeitungswerkzeug. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1974 (unveröffentlicht).
 [8] Seidel, B.: Untersuchungen zur Nutzung und Vermeidung von Schwingungen bei der Bodenbearbeitung. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1978 (unveröffentlicht).
 [9] Weigand, A.: Einführung in die Berechnung mechanischer Schwingungen, Bd. 1. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1965.
 [10] Lange, F. H.: Signale und Systeme. Bd. 1. Berlin: VEB Verlag Technik 1965. A 2610

Telemetrische Meßwertübertragung an Siebketten

Ing. G. Siering, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Zielstellung

Vielfach taucht in der Praxis der landwirtschaftlichen Mechanisierungsforschung das Problem auf, Meßwerte physikalischer Größen, wie Drehmoment, Weg, Druck, Torsion, Drehzahl usw., von bewegten Teilen einer stationären Registriereinrichtung zuzuführen. In vielen Fällen führt die Verwendung von Schleifringübertragern zum Ziel. Wo das nicht möglich ist, müssen andere Methoden der Meßwertübertragung gewählt werden.

Eine Aufgabe bestand darin, Beschleunigungsmessungen an Siebketten vorzunehmen, die letztlich zur konstruktiven Verbesserung der Erntemaschinen hinsichtlich erhöhter Absiebleistung bei geringeren Beschädigungsraten führen sollen.

Da hier eine telemetrische Übertragung der Meßwerte die Versuchsdurchführung wesentlich vereinfacht, wurde das Problem der Beschleunigungsmessungen an Siebketten zum Anlaß genommen, eine Nahfeldtelemetrieanlage zu entwickeln, die den hier speziell herrschenden Bedingungen gerecht wird, die aber auch in allen ähnlich gelagerten Fällen eingesetzt werden kann.

2. Grundkonzeption der Meßwertübertragung

Die Anlage basiert im wesentlichen auf den im Rahmen eines Vertrags über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit vom Institut für Elektronik der AdW der DDR zur Verfügung gestellten Unterlagen [1, 2, 3, 4]. Es handelt sich um eine induktive telemetrische Übertragungseinrichtung für analoge Meßwerte, bestehend aus Sender und Empfänger (Bild 1). Der Empfänger [4] wurde ohne wesentliche Änderungen übernommen und soll hier nicht behandelt werden.

Die Entwicklungsarbeiten konzentrierten sich vorrangig auf die Senderseite. Das von einem Verstärker entsprechend aufbereitete Gebersignal verändert hier an einem nachfolgenden spannungsgesteuerten Oszillator (im folgenden VCO genannt) die Frequenz, so daß sich Änderungen der Geberspannung als Frequenzänderungen auswirken. Eine Verstärkerstufe speist die Sendespule. Das von ihr erzeugte

magnetische Wechselfeld induziert in der Empfangsschleife eine Spannung, die über einen Anpassungstransformator zum Empfängereingang gelangt. Der Ausgang dieses Empfängers liefert eine dem Eingangssignal des Senders proportionale Spannung, die einer Registriereinrichtung zugeführt wird.

3. Aufbau und Eigenschaften des Senders

Der Sender besteht aus fünf Baugruppen unterschiedlicher Länge mit den Querschnittsmaßen 16,5 mm × 25 mm. Für den Anwendungsfall an einer Siebkette werden sie durch Steckverbindungen direkt zu einem Stab von 230 mm Länge zusammengeschaltet und mit Hilfe einer U-Schiene fixiert. Das Baugruppensystem gestattet aber auch andere Formen der Montage über entsprechende Zwischenstecker sowie die räumlich getrennte Anordnung verschiedener Baugruppen.

Die Bauelemente der Baugruppen sind (bis auf die Baugruppe Verstärker) freitragend angeordnet und in Epoxidharz EGK 19 vergossen.

Der platzsparende Aufbau der Schaltung wurde erst durch die Verwendung moderner Bauelemente möglich, wie des Operationsverstärkers A 109, des integrierten Spannungsstabilisators MAA 723 (Tesla), des Dünnschicht-Hybridschaltkreises FKE (Eigenentwicklung vom Institut für Elektronik). Eine Unterspannungsschutzschaltung setzt den Sender außer Betrieb, sobald die Batteriespannung unter den Wert der Entladeschlussspannung abgesunken ist. Damit wird bis zum Moment des Abschaltens ein sicheres Arbeiten der Telemetrieanlage mit gleichbleibenden Eigenschaften bezüglich der Betriebsspannung gewährleistet.

Die Schaltung ist für den Anschluß von einfachen Widerstandsgebern, Halb- und Vollbrückenschaltungen ausgelegt.

Die Mittenfrequenz ist durch Auswechseln einer von außen zugänglichen Kapazität in weiten Grenzen wählbar, was für die Weiterentwicklung zur Mehrkanaltelemetrie von Bedeutung ist.

Die Mittenfrequenz ist durch Auswechseln einer von außen zugänglichen Kapazität in weiten Grenzen wählbar, was für die Weiterentwicklung zur Mehrkanaltelemetrie von Bedeutung ist.

4. Technische Kennwerte des Senders

Der Sender hat folgende technische Kennwerte:

Batteriespannung U_E	13,2 bis 25 V
Abschaltspannung U_{AB}	13,2 V
Stromaufnahme I	10,5 mA
Betriebsspannung U_B	10,73 V
Änderung der Betriebsspannung bei $U_E = 13,2 \dots 25$ V	0,1 %
Änderung der Betriebsspannung bei $t = 0 \dots 45$ °C	0,22 %
Betriebsdauer	2,5 h
Vorversorgungsspannung der Brücke (120 ω)	0,5 V
Eingangsspannung des Differenzverstärkers	± 7 mV
Verstärkung des Differenzverstärkers	100
Ausgangsspannung des Differenzverstärkers	4,5 bis 6 V
Frequenz des VCO	70 kHz ± 15 %
Spannung an der Sendespule U_{SS}	15 V

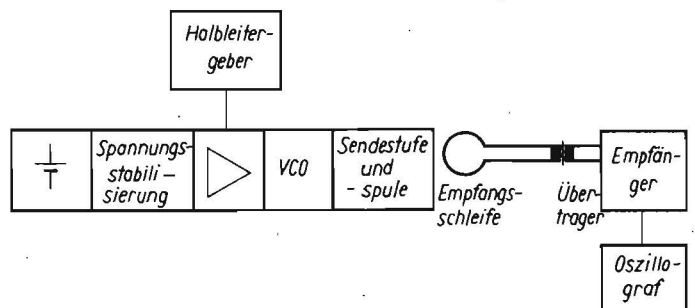


Bild 1
Prinzip der Nahfeldtelemetrieanlage

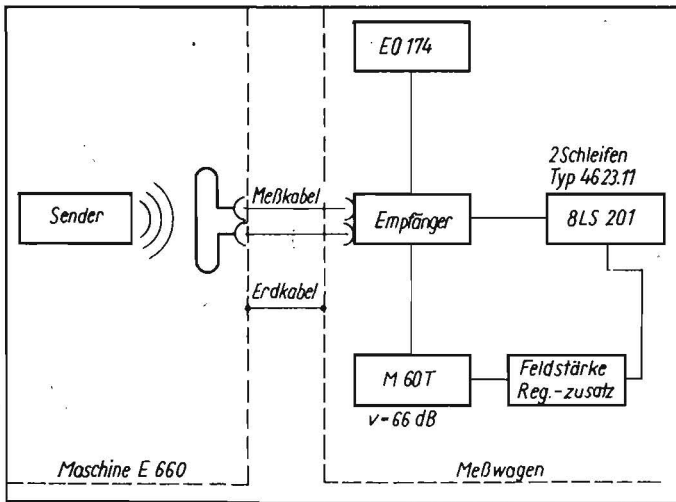
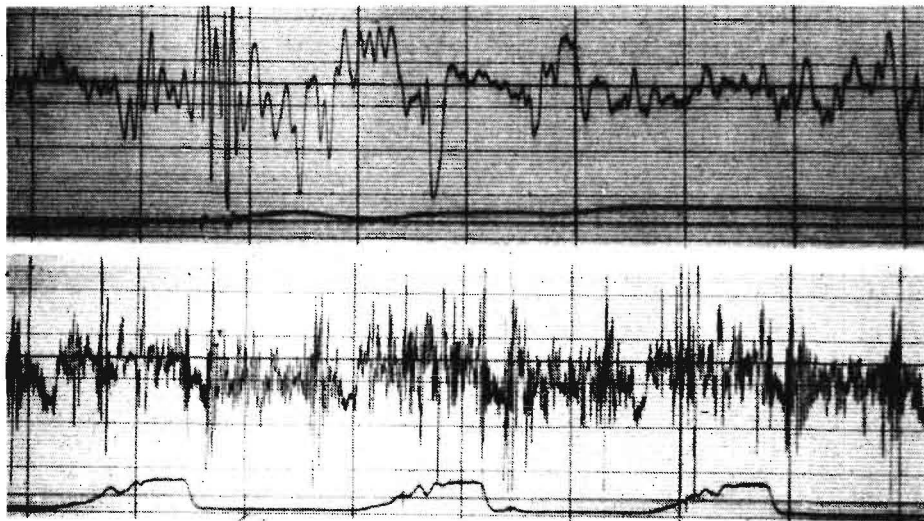


Bild 2
Blockschaltbild des
Meßplatzes

Bild 3
Beschleunigungsoszillogramme mit Feldstärke-
registrierung;
unten: drei Siebkettens-
umläufe
oben: Ausschnitt mit
zehnfacher Zei德hnung



5. Einsatzmöglichkeiten

Wegen der induktiven Übertragung eignet sich die Telemetrieanlage nicht für die Überbrückung größerer Entfernungen. Die Empfangsantenne muß sich immer in unmittelbarer Nähe des Senders befinden, so daß die Anwendung auf die Übertragung von Meßwerten innerhalb von Maschinensystemen beschränkt bleibt, die sich auf herkömmliche Weise mit Hilfe von Kabeln nur schwer realisieren läßt. Eine allgemeine Ausführungsform des Senders für alle Anwendungsfälle kann es nicht geben. Vielmehr muß die konstruktive Form den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden. Diese Forderungen können beispielsweise sein:

- spezielle Bauform
- lange Betriebsdauer
- hohe Temperaturbelastung
- geringe Masse.

Als Sende- und Empfangsantenne kommen sowohl Ferritstab als auch Induktionsschleife in Betracht.

6. Praktische Erprobung am Rodelader E 660

6.1. Aufbau des Meßplatzes (Bild 2)

Der in einem speziellen Gehäuse untergebrachte Sender strahlt Signale aus, die von der Empfangsschleife empfangen, über ein Kabel weitergeleitet und vom Empfänger zur Registrierung aufbereitet werden. Sender und Empfangsantenne befinden sich in der Maschine, während die übrigen Geräte im Meßwagen untergebracht sind. Ein Oszilloskop dient der Kontrolle des empfangenen Signals. Das Meßsignal wird zusammen mit dem Feldstärke-signal auf direkt-schreibendem Papier im Lichtstrahlloszillografen aufgezeichnet (Bild 3). Bei der Realisierung der Meßeinrichtung mußten hauptsächlich zwei Probleme bearbeitet werden, die im folgenden erläutert werden sollen.

6.1.1. Geber- und Senderinstallation

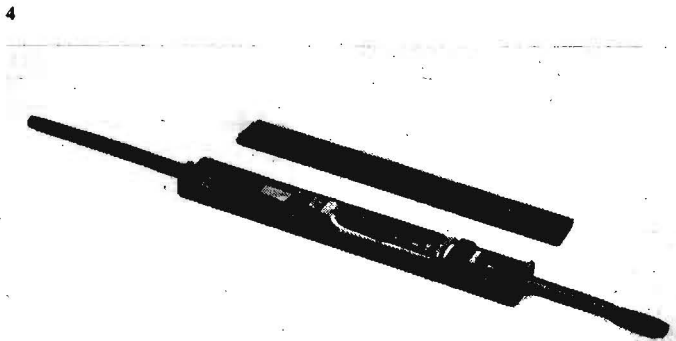
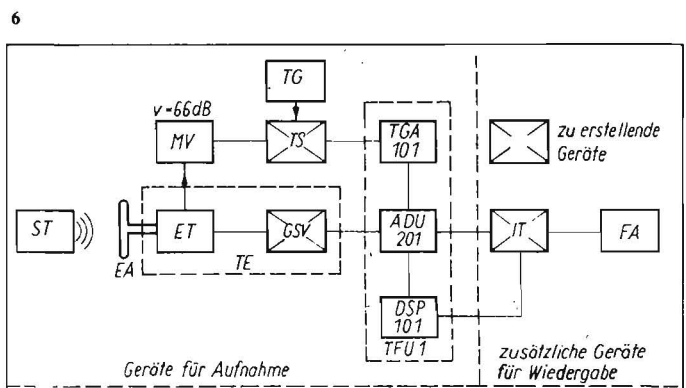
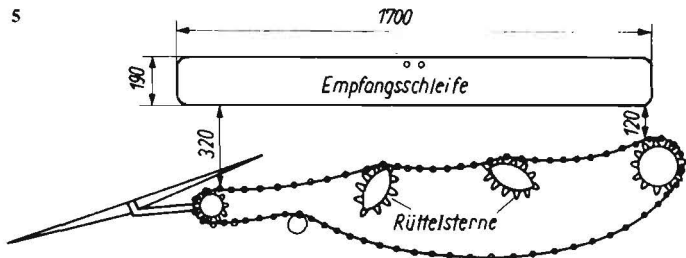
Aufgrund der geringen Abmessungen des Gebers konnte dieser zusammen mit dem Sender in einem einzigen Gehäuse untergebracht werden (Bild 4). Das hat den Vorteil, daß keiner-

Linearitätsabweichung bei 20°C, bezogen auf gesamten Ansteuerbereich	± 1,5 %	bei 45°C	- 2,5 %
Änderung der Ausgangsgröße bei 0°C	+ 3 %	Abmessungen einschließlich Führungsschiene 17 mm × 26,5 mm × 230 mm	
		Masse einschließlich Führungsschiene 212 g.	

Bild 4. Geöffnete Meßkammer mit Sender und Beschleunigungsaufnehmer

Bild 5. Schematische Darstellung von Siebkette und Empfangsschleife

Bild 6. Blockschaltbild des erweiterten Meßplatzes zur Frequenzanalyse;
ST Sendeteil, EA Empfangsantenne, TE Telemetrieempfänger, ET Empfangsteil, GSV Gleichspannungsverstärker, MV Meßverstärker M 60 T, TG Tongenerator GF 22, TS Telemetriesteuerung, TFU Tiefstfrequenzumsetzer, TGA Taktgenerator, ADU Analog-Digital-Umsetzer, DSP Digitalspeicher, IT Impulstor, FA Frequenzanalysator



lei äußere Kabelverbindungen die Störanfälligkeit erhöhen. Die Masse der Siebkette wird durch die zusätzlich angebrachte Geber- und Senderinstallation vergrößert. Der daraus resultierende Einfluß auf die zu messende Beschleunigung wird als gering eingeschätzt und vernachlässigt.

Das Gehäuse für Sender und Geber mußte folgenden Anforderungen genügen:

- Schutz der Baugruppen vor direkten mechanischen Beanspruchungen und Verschmutzungen
- leichte Zugänglichkeit, hauptsächlich zur In- und Außerbetriebsetzung
- leichte Demontage der Meßkammer
- optimale Abstrahlbedingungen für die Sendespule.

Nach Inbetriebnahme des Senders durch Aufstecken der Batterie wird der Deckel auf das in der Siebkette fest montierte Unterteil geschraubt.

6.1.2. Empfangsantenne

Sender und Antenne sind am günstigsten angeordnet, wenn sich der Sender innerhalb der Empfangsschleife bewegt. Diese Variante kann bei Feldversuchen nicht realisiert werden, weil der unterhalb der Siebkette verlaufende Antennenteil im Erdreich starken Beanspruchungen ausgesetzt wäre. Die gefundene Lösung (Bild 5) ermöglicht eine relativ einfache Befestigung der Antenne und gibt außerdem die Möglichkeit, über die Feldstärke eine Aussage über die Entfernung zwischen Antenne und Sender zu treffen. Die Antenne muß etwa die Länge des interessierenden Teils vom Senderweg haben, während die Fläche der Antenne für die Größe der induzierten Spannung entscheidend ist. Für die jeweiligen Versuchsbedingungen muß ein entsprechendes Optimum der Antennengeometrie gefunden werden. Die Antenne besteht aus einer Windung isolierter Kupferlitze (Querschnitt 6 mm^2), die in eine Nut eines 20 mm dicken Bretts eingelassen ist. Diese Konstruktion gewährleistet auch bei Erdreichberührung genügend Stabilität. Die Verbindung

zwischen Antenne und Empfänger wird durch ein Zweifaches ungeschirmtes Kupferkabel hergestellt.

6.2. Probleme der Versuchsdurchführung

Vor den Feldversuchen wurde der gesamte Versuchsaufbau in der Halle stationär erprobt. Sicherzustellen war, daß keinerlei Störpulse das Meßergebnis verfälschen. Wie sich herausstellte, war das in der Halle weitaus schwerer zu erreichen als bei den später durchgeführten Feldversuchen. Die Ursache der Störpulse war die unzureichende Nullung bzw. Erdung der gesamten Versuchsanlage. Nach Beseitigung dieser Mängel lieferten die Nullversuche in der Halle sowie auch unter den Bedingungen auf dem Feld ein störungsfreies Oszillogramm.

Geringe Brummeinstreuung oder Schwingungsneigung, bedingt durch die Kabellänge zwischen Antenne und Empfänger, haben erfahrungsgemäß keine wesentlichen Störungen verursacht. Beseitigung bzw. Verringerung dieser Einflüsse ist aber durch Erdung des Antennenkabels an der durch Versuche ermittelten günstigsten Stelle möglich.

Bei der Beschleunigungsmessung mit dem Aufnehmer BWH 201 traten nach diesen Vorbereitungen sowohl in der Halle als auch auf dem Feld selbst bei stärksten Belastungen keine Probleme auf.

7. Erweiterung des Meßplatzes zur Frequenzanalyse

Um die langwierige Auswertung der Oszillogramme (Bild 3) zu vereinfachen, wurde der Meßplatz dahingehend erweitert, die erforderliche Frequenzanalyse direkt am Meßort durchführen zu können (Bild 6). Die hierzu notwendige Speicherung der Meßwerte erfolgt im Digitalspeicher DSP 101 der Gerätekombination „Tiefstfrequenzumsetzer TFU 1“ vom VEB Funkwerk Erfurt, zu dem noch der Taktgenerator TGA 101 und der Analog-Digital-Umsetzer ADU 201 gehören. Gespeichert werden 255 Meßwerte von je 8 bit. Die maximale Meß-

zeit wurde mit 1 s festgelegt, so daß Frequenzen bis 20 Hz ausgewertet werden können. Das erstellte Gerät „Telemetriesteuerung“ sorgt dafür, daß nach Betätigung einer Starttaste nur ein ganz bestimmter Abschnitt eines Siebkettenumlaufs einmalig registriert wird. Ist ein Meßvorgang eingespeichert, so kann er als ein aus einzelnen Digitalwerten zusammengesetzter Kurvenzug auf dem Sichtteil des Taktgenerators kontrolliert werden. Der ADU 201 wirkt dabei als Digital-Analog-Umsetzer, wobei die eingespeicherten 255 Meßwerte durch eine im Taktgenerator erzeugte feste Frequenz periodisch abgefragt werden. Ein „Impulstor“ befreit diesen aus Digital-schritten zusammengesetzten Kurvenzug von nicht zum Meßsignal gehörenden Schaltimpulsen, die bei der Digital-Analog-Umsetzung entstehen. Im Frequenzanalysator werden die Frequenzen als Oberwellen der im Taktgenerator erzeugten Abfragefrequenz dargestellt.

Literatur

- [1] Börner, H.: Temperaturstabiler spannungsgesteuerter Relaxationsgenerator. rfe 23 (1974) H. 5, S. 161—164.
- [2] Börner, H.: Emittiergekoppelter spannungsgesteuerter Oszillator für 9 V Betriebsspannung. Institut für Elektronik Berlin, Bericht 1973 (unveröffentlicht).
- [3] Börner, H.: Telemetrie-Kleinsender. Institut für Elektronik Berlin, Bericht 1974 (unveröffentlicht).
- [4] Autorenkollektiv: Empfänger für Industrie-Telemetrie. Institut für Elektronik Berlin, Bericht 1974 (unveröffentlicht).
- [5] Börner, H.: Telemetriesystem nach dem Baukastenprinzip. rfe 24 (1975) H. 16, S. 520—522.
- [6] Rienäcker, I.; Steffen, W.; Canitz, H.: Kleintelemetriesystem zur drahtlosen Übertragung von Meßwerten über kurze Entfernungen für industrielle Anwendungen. rfe 23 (1974) H. 8, S. 243 bis 245; H. 9, S. 295—298.
- [7] MOS-Feldeffekttransistoren. Applikation des Kombinat VEB Funkwerk Erfurt, 1970.

A 2617

Untersuchungen zur Einstellung einer Gummifingerband-Bürstentrenneinrichtung

Dozent Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT/Dipl.-Ing. C. Leitholdt, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

1. Einleitung

Die Kartoffelermaschine nimmt aus dem Wuchsraum Kartoffeln sowie Beimengungen in Form von Feinerde, Kluten und Steinen auf. Die Absiebeeinrichtungen können das Erntegut nicht in den für eine Lagerung notwendigen Reinheitsgrad bringen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer weiteren Behandlung des Gemenges mit dem Ziel, den Beimengungsgehalt bei entsprechend vertretbaren Verlusten so gering als möglich zu halten.

Zur Trennung der Kartoffeln von den Beimengungen werden die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Komponenten des Gemenges ausgenutzt. Aufgrund der Unterschiede in der Dichte zwischen Kartoffeln und Steinen ist eine Unterscheidung und Trennung möglich.

2. Wirkprinzip

Das Gummifingerband kann man sich als eine Platte vorstellen, auf der eine Vielzahl elastischer Stäbe als Kragträger eingespannt sind. Durch die Gewichtskraft F_G werden die Gummifinger bei senkrechter Krafteinleitung nach den Eulerschen Belastungsfällen der Stabknickung

$$F_G > \frac{\pi^2 E I}{4 l^2} \quad (1)$$

ausgelenkt und im Fall einer Krafteinleitung unter einem Winkel α zur Senkrechten der Gummifinger verbogen. Dabei ergibt sich der Durchbiegungswinkel φ nach [1] zu

$$\varphi = \frac{F l^2}{E I} \quad (2)$$

Nach Einsetzen der entsprechenden Komponenten der Gewichtskraft ergibt sich

$$\varphi = \frac{F_G l^2}{2 E I} \tan \alpha \quad (3)$$

Die Kenngrößen der Gummifinger Elastizität E , Trägheitsmoment I und Fingerlänge l sind so ausgelegt, daß die Steine aufgrund ihrer größeren Dichte im Vergleich zu den Kartoffeln die Gummifinger ausknicken bzw. verbiegen und somit tiefer in das Gummifingerband einsinken.

3. Trenngenaugigkeit der Trenneinrichtung

Zur Beurteilung der Arbeitsqualität von Trenneinrichtungen dient der Leitgütegrad η in % [2]. Er drückt das Verhältnis von richtig getrennten