

Verwendete Formelzeichen

D	m	Silodurchmesser
g	m/s ²	Fallbeschleunigung
h _F	m	Fülltiefe
h _S	m	Silohöhe
H	m	Gesamthöhe der Silofüllung
I	DM/kg GN	Investitionsbedarf bezogen auf Mengeneinheit des Gesamtnährstoffes bzw. Masseneinheit
	DM/dt	DM/dt
m _S	kg, t	Masse des Schüttgutes
m _L	kg, t	Masse des Lagergutes
m _{Si}	t	gesamtes Silofassungsvermögen
m*	kg/m ² t/m ²	Masse des Schüttgutes auf 1 m ² Silogrundfläche
p	N/cm ²	Enddruck nach dem Absetzen
p _V	N/cm ²	Vertikaldruck
V ₀	m ³	Volumen des Schüttgutes
V _L	m ³	Volumen nach Erreichen der Lagerdichte ρ _L
Δ V	%	Volumenverringerung
ρ _S	kg/m ³	Schüttdichte
ρ _L	kg/m ³	fülltiefenabhängige Lagerdichte
ρ̄	kg/m ³	durchschnittliche Lagerdichte
a,b,c,d	–	Regressionskoeffizienten

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] • *Hell, W.*: Optimale Investitionen in der Silowirtschaft. ALB-Schriftenreihe Nr. 28, Frankfurt 1966.
- [2] *Hoffmann, O.-H.*: Neuere Grundlagen der Mechanik körniger Haufwerke. Grndl. Landtechnik Bd. 25 (1975) Nr. 2, S. 48/59.
- [3] • *Pieper, K. u. F. Wenzel*: Druckverhältnisse in Silozellen. Berlin, München: Verlag Ernst u. Sohn 1964.
- [4] • *Schwedes, J.*: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Weinheim/Bergstraße: Verlag Chemie GmbH 1968.
- [5] *Grimm, A.*: Ermittlung der Raumgewichte von Grasanweltsilage nach der Regressionsanalyse. Grndl. Landtechnik Bd. 19 (1969) Nr. 3, S. 91/92.
- [6] DIN 1055, Blatt 6: Lastannahmen für Bauten – Lasten in Silozellen (November 1964).
- [7] *Grimm, K.*: Messung der Wandreibungskräfte in Gärfutterhochsilos aus glasfaserverstärktem Kunststoff und die Lastannahmen nach DIN 1055. Grndl. Landtechnik Bd. 19 (1969) Nr. 3, S. 85/90.
- [8] • *Stroppel, A.*: Spannungszustände in lagernden körnigen Haufwerken in der Nähe einer ebenen Wand. VDI-Forschungsheft 525. Düsseldorf: VDI-Verlag 1968.

Messung der Kräfte zwischen Schlepper und Gerät

Von Reinhard Reich, Stuttgart-Hohenheim*)

DK 531.781:631.372:631.072

Zur Beurteilung und zum Vergleich verschiedener Mechanisierungsverfahren in der pflanzlichen Produktion ist die Kenntnis des Energie- und Leistungsbedarfs der jeweils eingesetzten Maschinen unerlässlich. In dem vorliegenden Aufsatz wird eine Kraftmeßeinrichtung für Dreipunkt-Anbaugeräte beschrieben, die zur Ermittlung dieser Größen am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion gebaut wurde und seit einiger Zeit mit Erfolg eingesetzt wird.

1. Einleitung

In der Pflanzenproduktion konkurrieren auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung verschiedene Verfahren, die es hinsichtlich Energie- und Leistungsbedarf sowie Schlagkraft zu vergleichen gilt [1]. Die Grundlage hierzu bilden Messungen am System Schlepper/Bodenbearbeitungsgerät/Boden mit den Schwerpunkten:

1. Zugkraft und Antriebsmoment am Gerät als Funktion von Arbeitstiefe und Fahrgeschwindigkeit
2. Zugfähigkeit, Kraftstoffverbrauch und Radschlupf des Schleppers

jeweils bei verschiedenen Böden und Bearbeitungszuständen.

Entsprechende Untersuchungen werden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 140 der Universität Hohenheim durchgeführt. Hierfür stehen derzeit Meßgeräte zur Messung folgender Größen zur Verfügung:

1. Kräfte zwischen Schlepper und angebautem Gerät
2. Drehmoment an der Zapfwelle
3. Fahrgeschwindigkeit
4. Kraftstoffverbrauch.

Ein Radschlupf-Meßgerät ist in der Entwicklung. Im folgenden werden die Kraftmeßeinrichtung und einige Versuchsergebnisse beschrieben.

2. Kraftmeßeinrichtung

2.1 Anforderungen

Bei vielen Untersuchungen müssen die zwischen Schlepper und Gerät auftretenden Kräfte gemessen werden. Damit eine entsprechende Meßeinrichtung universell einsetzbar ist, muß sie u.a. die folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Entsprechend der Verbindung von Schlepper und Gerät – Dreipunktanbau, Aufsattelung, Anhängung – sind die wichtigsten Kraftkomponenten in definierten Richtungen zu messen.
- b) Die Einrichtung soll unabhängig vom Schleppertyp sein, damit dieser seiner Leistung nach passend zum Gerät gewählt werden kann.

*) *Dipl.-Ing. Reinhard Reich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 (Fachgebiet: Verfahrenstechnik der Pflanzenproduktion) der Universität Hohenheim.*

- c) Die Lage des Geräts relativ zum Schlepper sollte möglichst wenig verändert werden, um die Funktion nicht zu beeinträchtigen.
- d) Für angetriebene Geräte muß der Freiraum um die Gelenkwelle erhalten bleiben.

Dieser Forderungskatalog führte zum Nachbau eines am National Institute of Agricultural Engineering (NIAE) in Silsoe, England, entwickelten 3-Komponenten-Kraftmeßrahmens, Bild 1. Durch diese Vorgehensweise konnte auf eine eigene Entwicklung verzichtet und in kurzer Zeit eine funktionsfähige Meßeinrichtung erstellt werden¹⁾.

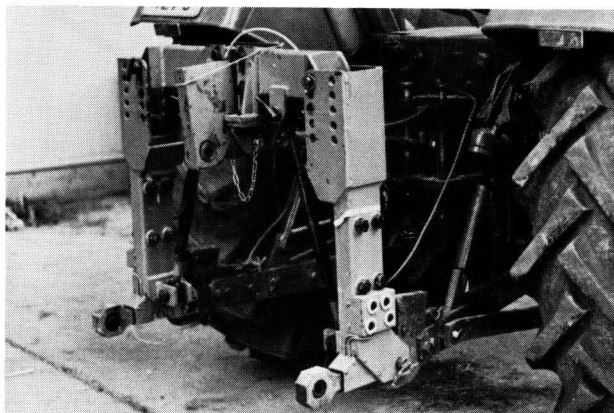


Bild 1. 3-Komponenten-Kraftmeßrahmen.

2.2 Aufbau

In Bild 2 ist der Meßrahmen mit angebautem Gerät schematisch in Seitenansicht dargestellt. Der Rahmen (1) wird wie jedes Dreipunkt-Anbaugerät an den Schlepper angekuppelt und mittels des Oberlenkers senkrecht ausgerichtet. Das zu untersuchende Gerät (2) wird als Anbaugerät an zwei untere L-förmige Kraftaufnehmer (3) und einen oberen U-förmigen (4) angeschlossen. Durch entsprechende Verstellmöglichkeiten paßt der Meßrahmen an die meisten Geräte mit Anschlußmaßen nach Kategorie I und II.

Bei Aufsattelgeräten entfällt der obere Kraftaufnehmer. Für Anhängegeräte wird in die unteren Kraftaufnehmer eine Ackerschleife eingesetzt.

Die Anforderungen b) und d) unter 2.1 werden von dem Meßrahmen ohne Einschränkung erfüllt. Der Längsversatz des Geräts (Punkt c)) beträgt 260 mm.

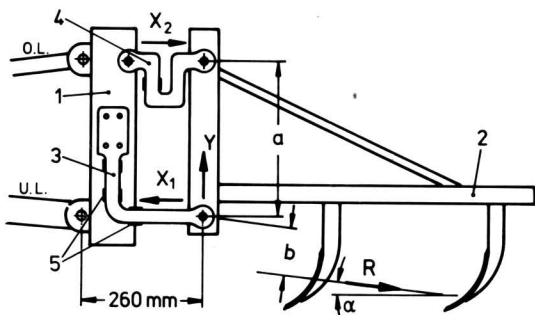


Bild 2. Meßrahmen mit Gerät (schematisch).

- 1 Rahmen
- 2 Anbaugerät
- 3,4 Kraftaufnehmer
- 5 Dehnmeßstreifen
- X_1, X_2, Y Kraftkomponenten
- R Resultierende Kraft am Gerät

¹⁾ An dieser Stelle sei den Herren Prof. C.J. Moss und D. Patterson (NIAE, Silsoe, England) für die großzügige Unterstützung gedankt.

2.3 Meßprinzip

Die Kraftaufnehmer sind, wie in Bild 2 angedeutet, mit Dehnmeßstreifen (5) versehen. Damit werden die an den Gerätekoppelpunkten wirkenden Kräfte als Längs- und Vertikalkomponenten (X_1, X_2, Y) gemessen.

Durch eine elektrische Zusammenschaltung der beiden unteren Kraftaufnehmer genügt für den Betrieb des Meßrahmens ein dreikanaliger Verstärker. Weitere Einzelheiten hierzu finden sich bei Scholtz [2].

Aus den gemessenen Kraftkomponenten lassen sich folgende Größen berechnen:

$$\text{Zugkraft} \quad F_x = X_1 - X_2$$

$$\text{Vertikalkraft} \quad F_y = Y,$$

Resultierende aller am Gerät angreifenden Längs- und Vertikalkräfte

$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2},$$

Lage der Wirkungslinie:

$$b = a \cdot X_2 / R$$

$$a = \arctan (F_y / F_x).$$

Quer zur Fahrtrichtung wirkende Kraftkomponenten sowie die Momente um die Hoch- und Längsachse können mit dem hier beschriebenen Meßrahmen in der derzeitigen Ausführung nicht gemessen werden. Im allgemeinen sind diese Größen jedoch von untergeordneter Bedeutung, so daß die Forderung a) unter 2.1 erfüllt ist. Für Sonderfälle sei auf einen 6-Komponenten-Meßrahmen hingewiesen, der von Steinkampf [3] beschrieben worden ist.

3. Registrierung der Meßwerte

Bei der Ermittlung des Leistungs- und Energiebedarfs von Geräten interessieren im allgemeinen die Kraftmittelwerte. Es wird deshalb auf eine analoge Aufzeichnung der Meßwerte verzichtet und stattdessen ein am Institut für Agrartechnik entwickeltes Integriergerät²⁾ eingesetzt, Bild 3. Dieses wird an den Ausgang des Meßverstärkers angeschlossen und bildet für jede Meßgröße das Integral über der Zeit. Die Integration wird von Hand gestartet und läuft, bis entweder eine vorgewählte Zeit erreicht oder ein Stoppsignal von Hand gegeben wird. Die Integrale werden angezeigt und automatisch auf einem angeschlossenen Drucker ausgedruckt.

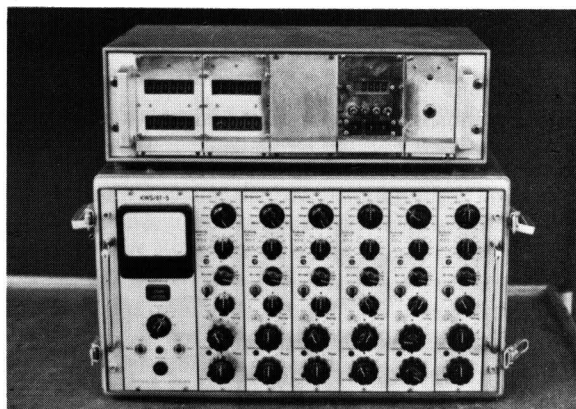


Bild 3. Integriergerät (oben) mit Meßverstärker.

²⁾ Die Entwicklung lag in den Händen des Leiters der Meßtechnikabteilung, Herrn Dipl.-Ing. K. Burkhardt.

Die vom Integriergerät ausgegebenen Werte sind durch die Integrierzeit zu dividieren und mit einem Verstärkungsfaktor zu multiplizieren, um die Kraftmittelwerte zu erhalten.

Mit einem Taschenrechner ist eine solche Umrechnung schnell durchgeführt, und somit sind im Verlauf eines Versuchs stichprobenartige Kontrollen der Meßwerte möglich.

4. Geschwindigkeitsmeßeinrichtung

Die Messung der Fahrgeschwindigkeit geschieht in bekannter Weise mittels eines frei mitlaufenden Rades, das zwischen dem rechten Vorder- und Hinterrad des Schleppers angeordnet ist. Eine elektronische Schaltung bildet aus der Zeit pro Radumdrehung und dem eingestellten Radumfang die Umfangsgeschwindigkeit des Rades und zeigt diese digital in km/h an.

5. Einsatzbeispiel

Als Beispiel für das gute Funktionieren der Meßeinrichtungen mögen folgende Untersuchungsergebnisse dienen. Es sollte ermittelt werden, in welchem Maße der Zugkraftbedarf einer Saatbettkombination von den eingesetzten Werkzeugen abhängt. Die in **Bild 4** gezeigte Saatbettkombination kann sowohl mit verschiedenen Eggenfeldern als auch verschiedenen Stegwalzenkrümlern ausgerüstet werden. Bei den Messungen wurden Gareezinken und Doppelblatt-Federzinken jeweils in herkömmlicher und in Schmalschnittausführung, **Bild 5**, eingesetzt sowie zwei verschiedene Krümler, die entsprechend ihrem Aufbau als Stern- und Ringkrümler bezeichnet werden, **Bild 6**.



Bild 4. Zugkraftmessung an einer Saatbettkombination.

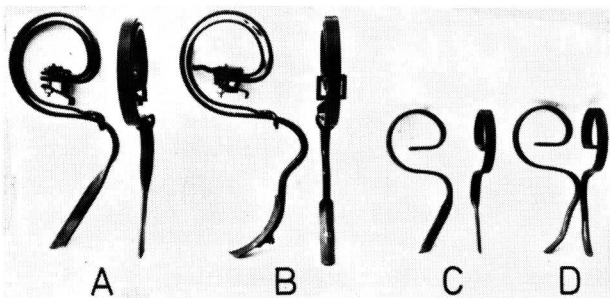


Bild 5. Untersuchte Zinken für Saatbettkombination.

- A Doppelblatt-Federzinken, Schmalschnitt
- B Doppelblatt-Federzinken, normal
- C Gareezinken, Schmalschnitt
- D Gareezinken, normal

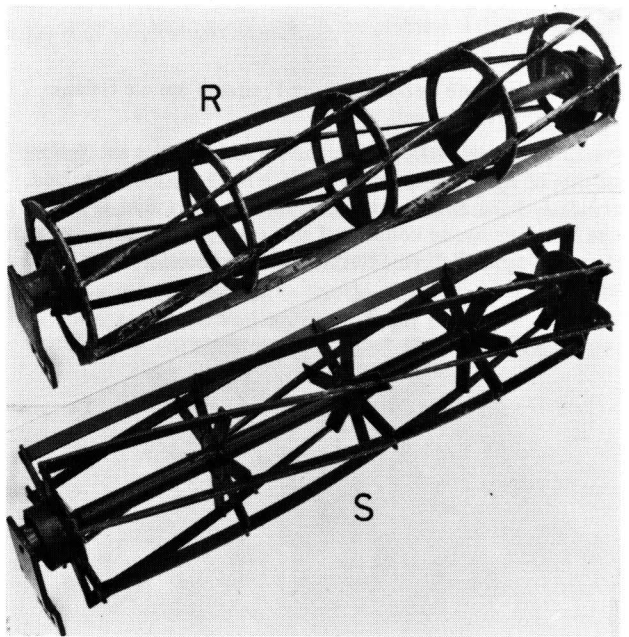


Bild 6. Untersuchte Krümlerwalzen für Saatbettkombinationen.

- R Ringausführung
- S Sternausführung

In den **Bildern 7 bis 9** ist jeweils links die gemessene, erforderliche Zugkraft zweier vergleichbarer Varianten über der Fahrgeschwindigkeit dargestellt. Die Schmalschnittwerkzeuge haben einen deutlich geringeren Zugkraftbedarf. Dieses Ergebnis war der Tendenz nach zu erwarten, da die schmalen Werkzeuge eine geringere Bodenbewegung bewirken. Bei den Krümlern macht sich die bessere Tragfähigkeit des Ringkrümlers mit zunehmender Arbeitstiefe der Egge deutlicher durch geringeren Zugkraftbedarf bemerkbar.

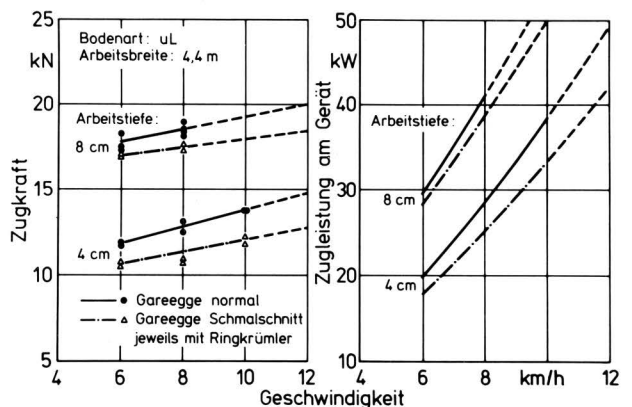


Bild 7. Gareezinken C und D nach Bild 5.

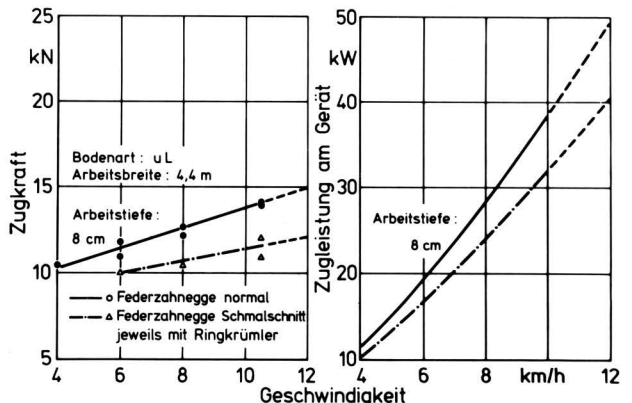


Bild 8. Doppelblatt-Federzinken A und B nach Bild 5.

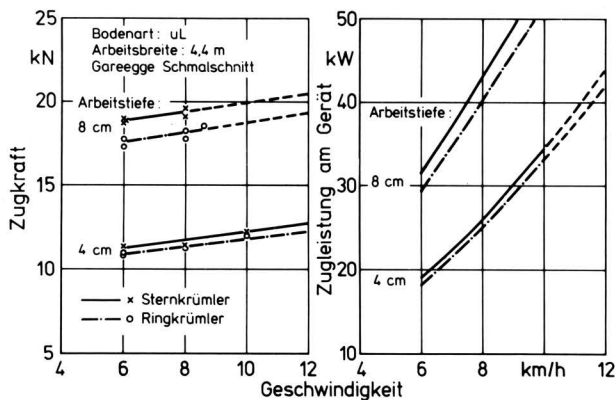


Bild 9. Krümmerwalzen R und S nach Bild 6.

Bild 7 bis 9. Erforderliche Zugkraft und Zugleistung an einer Saatbettkombination bei verschiedenen Werkzeugvarianten, gemessen im Frühjahr auf herbstgepflügtem Feld.

Bild 7: Gareezinken C und D nach Bild 5

Bild 8: Doppelblatt-Federzinken A und B nach Bild 5

Bild 9: Krümmerwalzen R und S nach Bild 6

In den Bildern 7 bis 9 ist rechts die berechnete Zugleistung am Gerät über der Fahrgeschwindigkeit aufgetragen. Beim Einsatz der Gareege in Normalausführung und 8 cm Arbeitstiefe konnte mit einem 88-kW-Allradschlepper maximal eine Geschwindigkeit

von etwa 8 km/h erreicht werden, Bild 7. Die entsprechende Zugleistung am Gerät liegt etwas über 40 kW, was bedeutet, daß der Schlepper in diesem durch Zugkraft, Fahrgeschwindigkeit und Motorleistung definierten Betriebszustand mit einem Wirkungsgrad um 50 % arbeitete.

6. Zusammenfassung

Es wird eine 3-Komponenten-Kraftmeßeinrichtung zur Messung der wichtigsten Kräfte zwischen Schlepper und Gerät sowie ein Integriergerät zur Registrierung der Meßwerte beschrieben. Anhand einiger Versuche mit einer Saatbettkombination wird die gute Funktion der Einrichtung nachgewiesen.

Schrifttum

- [1] Stoppel, A.: Eine Methode zur Beurteilung von Bodenbearbeitungsverfahren im Hinblick auf die Schlagkraft. *Grundl. Landtechnik* Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 108/14.
- [2] Scholtz, D.C.: A three-point linkage dynamometer for restrained linkages. *J. agric. Engng. Res.* Bd. 11 (1966) H. 1, S. 33/37.
- [3] Steinkampf, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Ackerschlepper. *Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 27* (1975).

Intensivierung kleinbäuerlicher Betriebe Afrikas durch abgestufte Mechanisierung am Beispiel von Studien in Kenia und Togo

Von Horst Eichhorn, Gießen*)

DK 63:631.17:631.153.4(213)

Für eine verbesserte Landwirtschaft in Ländern der Dritten Welt werden an die besondere Arbeitskräftesituation angepaßte technische Hilfsmittel an Bedeutung gewinnen. Die sich daraus ergebenden Wechselwirkungen zwischen Beschäftigungsgrad, brauchbaren Geräten und Landmaschinen einerseits, sowie die Einflüsse auf die Erzeugungsleistung andererseits, sind bisher nicht nachhaltig genug untersucht worden. Es mangelt an weiterentwickelten Modellen, aus denen Orientierungs- und Entscheidungshilfen abgeleitet werden können.

Deshalb werden neben Arbeitszeitstudien Leistungsdaten von solchen Maschinen und Geräten ermittelt, die für einen wirtschaftlich sinnvollen Einsatz in bäuerlichen Betrieben in Frage kommen. Es ist hierbei sowohl an Technologien der Handarbeitsstufe, an die tierische Anspannung, wie auch den Einsatz moderner Landtechnik gedacht.

Fordert man eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion in Ländern der dritten Welt, so ist neben Anwendung von Dünger, Qualitätssaatgut, besseren Anbaumethoden und gezielter Schädlingsbekämpfung eine der Möglichkeiten, diese zu erreichen, eine auf die besonderen Verhältnisse abgestimmte Mechanisierung. Dazu ist ein höherer Energieaufwand pro Flächeneinheit (kWh/ha) als bisher notwendig – die mechanische Leistung des Menschen (75 W) ist dafür zu gering.

Die Mechanisierung soll hauptsächlich folgende Wirkungen erbringen: Arbeitseinsparung, Abbau von Arbeitsspitzen und damit höhere Produktivität der Arbeitskraft sowie Ertragssteigerung. Die angespannte Situation der Energieversorgung in den meisten Entwicklungsländern wird aber von vornherein nur eine ökonomisch vertretbare Motorisierung zulassen.

Form und Umfang der Mechanisierung müssen, den Verhältnissen angepaßt, in eine meist noch zu schaffende Infrastruktur (z.B. Markt) einbezogen und ständig weiterentwickelt werden, wenn die politischen und sozialen Bedingungen diese Schritte überhaupt zulassen. An dieser Stelle ist auf die begrenzten Möglichkeiten des vollen Agrartechnologietransfers aus Industrieländern hinzuweisen, ein Vorgang, der bis jetzt nur auf Großfarmen (Plantagen) und bei den wenigen verwirklichten Kooperationsformen anzuwenden ist. Die Masse der Betriebe ist im Subsistenzbereich eingebunden und verfügt über keine Kapitalreserven. Das bedeutet, nur solche Maschinen und Gerätelösungen anzuwenden, die die menschliche Arbeit beschleunigen, verbessern und erleichtern, jedoch keine Arbeitsplätze wegrationalisieren. Dabei sind zwei Richtungen in der Diskussion:

*) Prof. Dr. Horst Eichhorn ist Direktor des Instituts für Landtechnik der Universität Gießen.