

Auch während der Entwicklungsarbeit müssen ständig die neuesten Erkenntnisse auf dem entsprechenden Gebiet ausgewertet und in die Durchführung der Aufgabe einbezogen werden, denn bei den langen Entwicklungszeiten, die unsere Maschinen zum Teil noch haben, kann u. U. eine Konzeption, die bei Beginn der Entwicklung neu war, am Ende der Entwicklungszeit bereits z. T. überholt sein.

ERICH APEL sagte dazu auf dem VI. Parteitag:

„Niemand, kein Wissenschaftler, kein Projektierungsingenieur, kein Konstrukteur und auch kein Leiter an irgendeinem Abschnitt in der Wirtschaft kann verantworten, Anlagen zu projektieren, die schon auf dem Reißbrett moralisch verschlissenen und nach jahrelanger Bauzeit, wenn sie produktionswirksam werden, gänzlich veraltet sind.

Mittel, die vom Staat für Forschung und Entwicklung ausgegeben werden, sind von vielfachem Wert. Sie bilden eine potentielle Akkumulationsquelle. Jede Mark, die wir für Forschung und Entwicklung ausgeben, muß einen vielfach größeren Nutzen bringen.“

Damit ist ein weiteres Problem angerissen: Die Einschätzung des ökonomischen Nutzens der wissenschaftlichen Arbeit, besonders der Konstruktionsarbeit. Der erreichte ökonomische Nutzen im Vergleich zum Aufwand an Konstruktionsarbeit ist letztlich ein Gradmesser für die Qualität der Arbeit des Konstrukteurs.

Hier kann kein Rezept gegeben werden, wie der ökonomische Nutzen einer Konstruktion zu bewerten ist. Auch kann der FA „Konstruktion“ keinen Lehrgang über Ökonomie veranstalten. Dennoch scheint dieses Problem so bedeutsam, daß man es in einer ähnlichen Weise im FA behandeln sollte, wie dies bei dem Fragenkomplex „Planung der wissenschaftlichen Arbeit“ geschehen ist.

Bestimmt sind in einigen Betrieben Erfahrungen auf diesem Gebiet vorhanden, die man durch gegenseitigen Austausch verallgemeinern kann.

Im Zusammenhang damit wäre im FA „Konstruktion“ zu beraten, welche Kennziffern (neben dem ökonomischen Nutzen) Arbeitsmittel und Mittel zur Selbstkontrolle jedes Konstrukteurs werden sollten und in welcher für den gesamten Industriezweig einheitlichen Form sie zu ermitteln und auszuweisen sind. Dabei ist an die Aufstellung von Erzeugnispaßsen oder dergleichen in den Betrieben gedacht.

Alle Bemühungen des Landmaschinen- und Traktorenbaues dienen letztlich dem Ziel, unserer Landwirtschaft immer bessere und vollkommene Maschinen zur Verfügung zu stellen, wobei auch die Fragen der Qualität und des Preises der Maschinen in Zukunft noch stärker als bisher ins Gewicht fal-

len; darauf wies WALTER ULBRICHT auf dem VI. Parteitag nachdrücklich hin.

Der Schlüssel zur Erfüllung der vor uns stehenden Aufgaben ist die sozialistische Gemeinschaftsarbeit. Hier hat der Landmaschinen-Konstrukteur ein nahezu unbegrenztes Betätigungsfeld. Durch Mitarbeit in den in verschiedenen Betrieben bereits gebildeten gesellschaftlichen Konstruktionsbüros kann er entscheidend dazu beitragen, technische Probleme seines Betriebes über seine betriebliche Aufgabe hinaus zu lösen. Die BS sollten sich daher der Organisation und Betreuung dieser gesellschaftlichen Konstruktionsbüros vordringlich annehmen.

Die BS werden oft das „Technische Gewissen“ des Betriebes genannt. So sollte man mehr als bisher dazu übergehen, bestimmte Entwicklungsvorhaben nach Erreichen einer bestimmten Entwicklungsstufe vor diesen „Technischen Gewissen“ des Betriebes zu verteidigen. Oft ergeben sich daraus noch wertvolle Anregungen, die zu einer weiteren Verbesserung der Entwicklung führen.

Auch für die Gemeinschaftsarbeit im FA „Konstruktion“ gilt, daß der Prüfstein für den Nutzen jeder wissenschaftlichen Arbeit die Auswirkungen in der Praxis sind. Deshalb sollte der FA in abschließbarer Zeit einmal Bilanz ziehen, wie seine Arbeit in der Praxis wirksam geworden ist, d. h., wie die Konstrukteure die Anregungen und Empfehlungen des FA an ihre BS weitervermittelt haben und was daraufhin in den Betrieben geschehen ist.

Schließlich noch einige Worte zu den nächsten Aufgaben des FA „Konstruktion“:

Neben den oben erwähnten Problemkreisen, die sofort einer Lösung dringend bedürfen, sollte sich der FA auch mit solchen Themen befassen, die in naher Zukunft eine größere Bedeutung gewinnen, wie z. B. Probleme der Steuer- und Regeltechnik, der Programmsteuerung, der Anwendung der maschinellen Rechentechnik, der industriellen Meßtechnik, der Statistik u. ä.

Selbstverständlich kann der FA „Konstruktion“ keine kompletten Lehrgänge auf den genannten Gebieten organisieren. Es geht vielmehr darum, darüber zu beraten, welche Probleme auftreten, welche Lehrgänge eventuell zentral organisiert werden müßten, unter wessen Leitung, mit welchem Inhalt und mit welcher Zielstellung, wer daran teilnehmen sollte und welche Empfehlungen vom FA dazu noch gegeben werden können.

Auf diese Weise wird sich auch die Arbeit des FA in der Industrie auswirken und der FA „Konstruktion“ seinen Beitrag zur Erfüllung des von Partei und Regierung aufgestellten Programms leisten.

A 5140 Dipl.-Ing. F. RITZMANN, KDT, Dresden

## Einige Spannungs- und Verdichtungsmessungen unter Schlepperlaufwerken

Dr. K. BAGANZ  
und Dipl.-Landw. L. KUNATH\*

Bei Untersuchungen zur Auswahl zweckmäßiger Verfahren für die Eignungsprüfung der Laufwerke von Maschinen der Feldwirtschaft wurden auch Meßreihen unter Feldbedingungen mit Spannungs- und Dichtemeßverfahren durchgeführt [1].

Bei den Versuchen, die dem Vergleich verschiedener Meßverfahren dienten, wurden auch unterschiedliche Laufwerke zur Belastung der landwirtschaftlichen Fahrbahn eingesetzt. Die Auswertung dieser nicht zum eigentlichen Arbeitsziel gehörigen Laufwerksvergleiche ergab einige Einblicke in die unter diesen Laufwerken tatsächlich auftretenden Spannungs- und Verdichtungsvorgänge. Daher erscheint ihre

Veröffentlichung trotz des – durch die anders geartete Aufgabenstellung bedingten – Mangels umfangreicherer Versuchsreihen angebracht.

### 1. Meßverfahren

Bei allen im folgenden beschriebenen Versuchsreihen wurden Spannungsmeßverfahren und mehrere Dichtemeßverfahren parallel eingesetzt.

Zur Spannungsmessung wurden speziell für diese Untersuchungen Druckmeßdosen (40 mm Dmr., 7,3 mm hoch) entwickelt, an deren Kupfer-Beryllium-Membranen Dehnungsmeißstreifen als Meßwertaufnehmer angebracht waren. Die Aufzeichnung erfolgte über ein transistorisiertes batteriegespeistes 3-Kanal-Trägerfrequenzgerät mit einem 6-Schleifen-Oszillograph.

\* Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Leiter: Dipl.-Landwirt H. KUHRIG).

Zur Ermittlung der Verdichtungserscheinungen unter Radspuren wird hier nur das genaueste Meßverfahren – die radiologische Querprofilaufnahme – auf der Basis der Absorption von  $\gamma$ -Strahlen ausgewertet, das in relativ einfacher Weise die Aufnahme von sogenannten Verdichtungsziwibeln gestattet.

Als Meßgerät hierzu diente die Bodensonde DS2, die vom Isotopenlabor des IFL Potsdam-Bornim (Dr. BEER und Dipl.-Phys. HELBIG) geschaffen wurde.

Ein Bodenprofil quer zur Spurrichtung, das mit einem Spezialschneidgerät mit konstanter Stärke (35 cm) hergestellt wurde, wird mit einer 10-mC-Kobalt-60-Quelle durchstrahlt (Bild 1). Die aufgenommene Impulszahl/Zeiteinheit ist ein Maß für die Boden-Naßdichte.

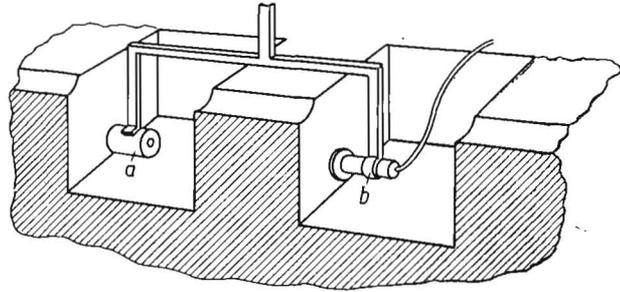


Bild 1. Arbeitsschema der Bodensonde DS2 (Schnitt in Spurmitte). a Quelle, b Zählrohr

## 2. Versuchsbedingungen

Die Versuche erfolgten auf zwei Bodenarten (Sand, Lehm) und mit zwei Laufwerksausführungen (Kette, Luftreifen).

Die Kennzeichnung der Fahrbahnbedingungen ist Tafel 1 zu entnehmen.

Beide Versuchsschläge waren bis zur Einbettungstiefe der tiefsten Meßdose frisch gepflügt. Spannungs- und Dichtemessungen erfolgten jeweils unter identischen Bodenbedingungen ineinander gestaffelt. Die bei den Versuchen benutzten Laufwerke sind in Tafel 2 dargestellt.

Die Laufwerke K1 und R<sub>3</sub> wurden in der Versuchsreihe C benutzt (Bezeichnung: CK1 bzw. CR1), die übrigen fanden in der Reihe D Verwendung (DK2, DR2, DR3).

Alle Messungen erfolgten ohne Zughakenlast.

Dadurch, daß mit Radschleppern rückwärts über die Meßparzellen gefahren wurde, konnten störende Einflüsse der Vorderräder auf den Meßvorgang vermieden werden.

## 3. Versuchsergebnisse

Bei den einzelnen Versuchsreihen ergaben sich die in Tafel 3 angeführten Auflagenflächen (F) der Laufwerke und damit die mittleren spezifischen Belastungen (p).

Tafel 1. Kennzeichnung der Fahrbahnbedingungen

Ort	Bodenart	Bodenfeuchte <sup>1</sup> f <sub>T</sub> [%]	Porenvolumen z <sub>0</sub> [%]
Versuchsreihe C	Potsdam-Bornim	S 3 Al 32	7,1
Versuchsreihe D	Eitzdorf bei Halle	L 1 L <sub>5</sub> 94	13,6

1<sub>a</sub> auf Trockenmasse bezogen

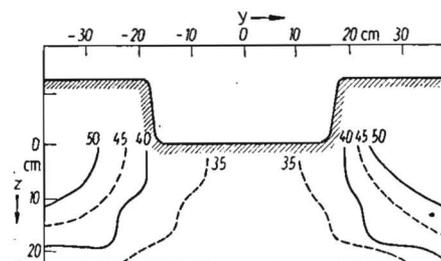
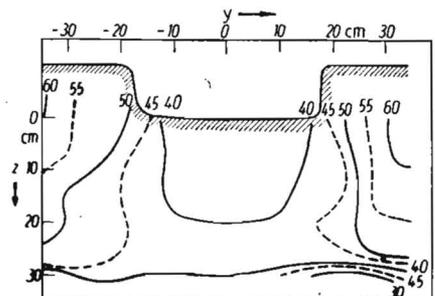


Bild 2. Linien gleicher Bodendichte unter Kettenlaufwerk auf Sandboden (Reihe CK1). Impulsdichte/102 Imp/30 s

φ N [g/cm <sup>3</sup> ]
35
40
45
50
55
60

Bild 3. ... unter Luftreifen auf Sandboden (Reihe CR1)



Tafel 2. Die eingesetzten Laufwerke

Bezeichnung	Laufwerk	Abmessung	Last [kp]	Geschwindigkeit [m/s]	Schleppertyp
K 1	Kette	225 × 36 cm <sup>2</sup>	3950	0,8	KT 50
K 2	Kette	232 × 36 cm <sup>2</sup>	2715	0,8	KS 07
R 1	Luftreifen	9-36	925	0,7	Hela 36
R 2	Luftreifen	p <sub>i</sub> = 0,8 at 11-38	775	0,7	RS 14/30
R 3	Luftreifen	p <sub>i</sub> = 2,0 at 11-38	775	0,7	RS 14/30

Tafel 3. Versuchsergebnisse

Boden	Laufwerk	Fläche F [cm <sup>2</sup> ]	Belastung p [kp/cm <sup>2</sup> ]
C	K 1	8100	0,49
	R 1	1620	0,57
D	K 2	8352	0,33
	R 2	1615	0,48
	R 3	1440	0,54

Tafel 4. Höchstspannungen (Mittelwerte jeder Versuchsreihe)

Reihe	Wiederholungen	Meßdose	Lage y / z [cm]			Spannung σ <sub>z</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ]		
			4	5	10	4	5	10
CK 1	6	28,0/12,3	3,6/22,9	4,2/10,5	0,06	0,53	0,89	
CR 1	3	25,6/13,3	5,3/23,3	5,0/11,7	0,03	0,32	0,78	
DK 2	5	26,9/16,8	3,0/22,3	3,1/10,3	0,10	0,57	0,96	
DR 2	10	22,6/12,9	5,7/18,6	6,0/6,8	0,09	0,39	0,60	
DR 3	5	18,5/13,8	7,7/18,2	8,2/5,8	0,18	0,58	0,69	

Die während des Belastungsvorgangs auftretenden Höchstspannungen sind in Tafel 4 mit den tatsächlichen Dosenlagen (y = Seitenlage, z = Tiefenlage) und der Spurtiefe zusammengefaßt (jeweils Mittelwerte einer Versuchsreihe).

Die Ergebnisse der radiologischen Dichtemessung, von denen einige Profilmessungen in Bild 2 bis 4 dargestellt sind, wurden auf die mittlere Bodendichte in einem bestimmten Bereich unter der Spur ausgewertet (Tafel 5).

Für die Auswertung lag ein Bodenquerschnitt von 30 cm beidseitig von Spurmitte und 22,5 cm Tiefe unter Spurunterkante bei der Reihe C zugrunde. Für die Reihe D betragen – in Anpassung an die örtlichen Meßmöglichkeiten – die entsprechenden Werte 35 cm bzw. 25 cm.

## 4. Versuchsauswertung

Um einen Vergleich der Spannungswertwerte zu ermöglichen, wurden für diese theoretische Spannungsverteilung ermittelt, die den Meßwerten weitmöglichst angenähert waren.

Für eine erste vergleichende Auswertung der Ergebnisse von beiden Laufwerksausführungen wurde die Last als unendlich langer Laststreifen angenommen.

In Tafel 6 sind die gewählten Spannungsverteilungen (Belastung q<sub>0</sub> und Konzentrationsziffer γ [1]) und die hierbei auftretenden größten relativen Abweichungen des Meßwertes vom theoretischen (a) angeführt.

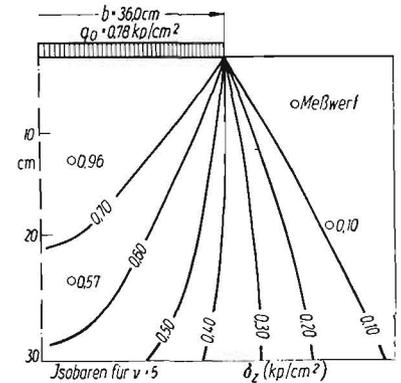
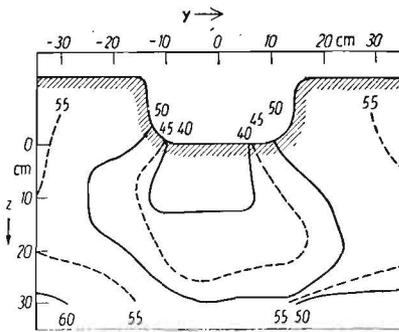
Die mittlere spezifische Belastung (p) weicht z. T. erheblich von der bestimmten rechnerischen Belastung (q<sub>0</sub>) ab, wie ebenfalls aus Tafel 6 ersichtlich ist.

Tafel 5. Mittlere Bodendichten

Reihe	$\varphi_N$ [g/cm <sup>3</sup> ]
CK 1	1,427
CR 1	1,420
DK 2	1,322
DR 2	1,316

Bild 4. ... unter Kettenlaufwerk auf Lehmboden (Reihe DK 2)

Bild 5. Rechnerische Isobaren und Meßwerte für Kettenlaufwerk auf Lehmboden (Reihe DK 2)



Tafel 6. Abweichung der mittleren spezifischen Belastung von den theoretischen Werten

Reihe	Theoretische Belastung $q_0$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Konzentrationsziffer $\gamma$	Maximale Abweichung a [%]	$q_0/p$
CK 1	0,77	5	23	1,57
DK 2	0,78	5	21	2,36
CR 1	0,59	5	31	1,04
DR 2	0,58	4	41	1,21
DR 3	0,70	6	5	1,29

Ein Vergleich der  $q_0/p$ -Werte mit den angeführten Werten der Abweichung von der rechnerischen Verteilung bei den Reihen mit den erforderlichen Wiederholungen (DR2, DR3) zeigt, daß auch hier für die Luftreifen trotz der bei der Lastflächenbestimmung durchgeführten Näherung eine hinreichende Übereinstimmung von theoretischen und praktischen Werten erzielt wurde und daher das angewendete Bestimmungsverfahren für Luftreifen zulässig ist.

Entgegen allen Erwartungen stimmen dagegen für die Versuche mit Kettenlaufwerken (CK1, DK2) sowohl bei den  $q_0/p$ -Werten als auch bei den Einzelwerten die Meßwerte mit den theoretischen viel weniger überein (Bild 5). Dies ist um so auffälliger, als hier die Lastflächenermittlung und Belastungsannahme viel genauer den tatsächlichen Bedingungen entsprach.

Um die eigenen Meßergebnisse besser einschätzen zu können, wurden daher die Werte von REAVES [3] auf künstlich verfestigten Böden für den vorliegenden Zweck ausgewertet.

Hierzu wurden die Spannungen an drei den eigenen Meßstellen entsprechenden Punkten der Darstellung von REAVES entnommen und hier die theoretische Spannungsverteilung mit den geringsten Abweichungen ermittelt.

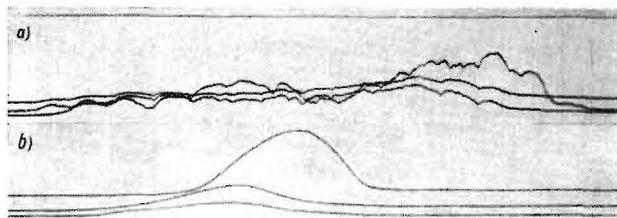
Für die Kettenabmessungen werden 12" (30,5 cm) Breite und 5 Fuß Länge angegeben, so daß sich eine Belastungsfläche von  $F = 4650 \text{ cm}^2$  ergibt. Daraus folgt die spezifische Belastung zu  $p = 0,35 \text{ kp/cm}^2$ .

Sinngemäß zu den eigenen Messungen ergibt sich mit einer Spurtiefe von 3" folgende Gegenüberstellung:

Reihe	Theoretische Belastung $q_0$ [kp/cm <sup>2</sup> ]	Konzentrationsziffer $\gamma$	Max. Abweichung a [%]	$q_0/p$
REAVES	0,61	3	16	1,74

Ein Vergleich mit den eigenen Messungen zeigt, daß die Ergebnisse von REAVES sowohl hinsichtlich der Abweichungen als auch des  $q_0/p$ -Wertes in Größe und Tendenz mit diesen übereinstimmen.

Bild 6 a. Oszillogramm der Bodenspannungen unter einem Kettenlaufwerk (Reihe DK 2)



Daß es sich bei den erwähnten Werten, die besonders in den oberen Schichten etwa 200% der theoretischen Spannungen betragen, nicht nur um kurzfristig auftretende Spitzen handelt, zeigt das Oszillogramm unter einem Kettenlaufwerk (Bild 6a). Die entgegen zur kurzen Belastungsspitze des Luftreifens (Bild 6b) über eine längere Zeit um eine Mittelspannung schwankende Wechsellastspannung, die den durch die Ketten eingeleiteten Bodenschwingungen entspricht, dürfte ebenfalls Auswirkungen auf die Verdichtungs Vorgänge im Boden haben.

Wie die Ergebnisse der Tafel 5 ausweisen, ist in beiden Reihen die mittlere Bodendichte unter dem Kettenlaufwerk etwas höher als unter den Luftreifen. Da die Differenz aber nicht signifikant ist, müssen die beiden untersuchten Laufwerke hinsichtlich ihrer Verdichtungswirkung als gleichwertig betrachtet werden.

Zur Erklärung der annähernd gleichen Verdichtung unter Kettenlaufwerken gegenüber Luftreifen, trotz der z. T. geringeren Spurtiefe der Kettenlaufwerke, sei auch auf andere parallel durchgeführte Untersuchungen hingewiesen, die ergaben, daß der Verdichtungs Vorgang unter den relativ großen Lastflächen der Kettenlaufwerke viel stärker in der seitlichen Formänderung behindert ist als bei Luftreifen.

Die hohen Spannungen bei Kettenlaufwerken in den obersten Bodenschichten wären vielleicht durch überlagerte Spannungsspitzen an den Stollen der Ketten zu deuten.

Der – aus den anfangs angeführten Gründen – begrenzte Umfang der durchgeführten Messungen läßt hier jedoch keine tiefgehenden Folgerungen zu. Die Vergleichsmessungen auf zwei verschiedenen Bodenarten zeigten aber, daß die bisherigen Einschätzungen der Auswirkungen von Laufwerken auf den Boden mit Hilfe der mittleren spezifischen Belastung – teilweise sogar auf der Betonfläche ermittelt – zu Folgerungen führen, die von den tatsächlichen Meßwerten z. T. stark abweichen.

Es dürfte daher dringend erforderlich sein, die bisherigen Hypothesen, die zur Laufwerksauslegung bezüglich des „Bodendrucks“ dienen, hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit praktischen Messungen zu überprüfen. Bei diesen Untersuchungen sollte auch der Sohldruckverteilung unter starren Kettenlaufplatten und den Schwingungserscheinungen im Boden unter Kettenlaufwerken Beachtung geschenkt werden.

## 5. Zusammenfassung

Bei der Untersuchung von Meßverfahren anfallende Vergleichswerte über Spannungs- und Dichtemessungen unter Kettenlaufwerken und Luftreifen lassen eine Überprüfung der bisherigen Hypothese über den „Bodendruck“ zweckmäßig erscheinen.

## Literatur

- [1] – Auswahl von Verfahren zur Bestimmung der Beeinflussung von Ackerböden durch Schlepper und Maschinen. Forschungsbericht 170 123 h-1-06 des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim (unveröffentlicht).
- [2] FRÖHLICH, O. K.: Druckverteilung im Baugrunde. Wien 1934.
- [3] REAVES, C. A., und COOPER, A.W.: Stress Distribution in Soil under Tractor Loads. Agr. Eng. 41, 1960, S. 20 bis 21, 31. A 5012