

sätzliche Prüfstände durchgeführt werden, wenn bestimmte Voraussetzungen gegeben sind. Diese Prüfungen sind dann möglich, wenn die Prüfobjekte relativ einfach und praxisnah unter Funktionsbedingungen betrieben werden können. Durch einige Beispiele sollen nachfolgend derartige Prüfungen erläutert werden.

Prüfung der Antriebe von Anbaumähwerken
Durch das Antriebssystem eines Mähwerks müssen einerseits die Schnittkräfte übertragen werden, andererseits wirken auf dieses System Massenkräfte, die durch die Schnittbewegung des Messers verursacht werden.

Aus Messungen an diesen Mähwerken und Berechnungen geht hervor, daß die Belastung des Antriebs durch das Wechselmoment der Massenkräfte größer ist als durch das Schwellmoment der Schnittkräfte. Diese beiden Belastungsmomente wirken jeweils abwechselnd mit der Frequenz der Messerbewegung. Ausgehend von diesen Bedingungen ist es ausreichend, die Anbaumähwerke zum Nachweis der Haltbarkeit nur funktionsgerecht aufzubauen und durch einen Elektromotor mit der Nenndrehzahl zu betreiben.

Prüfung von Hochdruckreinigungsgeräten
Bei der Durchführung des Haltbarkeitsnachweises an Hochdruckreinigungsgeräten stellt sich das Problem der Bereitstellung und Verwertung des Arbeitsmediums Wasser. Dieses Arbeitsmedium läßt sich nach einer Filterung und eventuellen Kühlung immer wieder

verwenden, so daß dadurch ein enormer Wasserverbrauch vermieden wird. Der Prüfaufbau bestand daher aus einem Vorratsbehälter, einer Wasserversorgungsanlage, dem Prüfling einschließlich Spritzlanze und einem programmgesteuerten Elektro-Hydraulikgerät zur Betätigung der Handventile der Spritzlanzen. Füllstands- und Temperaturwächter gewährleisten einen sicheren automatischen Prüflauf.

Prüfung des Drehwerkantriebs eines Mobilkrans
Das Drehwerk des Mobilkrans wird von einem Hydraulikzylinder über die Bordhydraulik angetrieben. Zur Überprüfung der Haltbarkeit dieses Drehwerks wurde die Hydraulikenergie durch ein Hydraulikaggregat über ein elektrisches Wegeventil gespeist. Durch eine Zeitsteuerung und entsprechende Endschalter konnte die Auslegerbewegung nach einem festgelegten Programm gesteuert werden. Die Auslegerbelastung erfolgte stufenweise durch Ersatzmassen. Temperatur-, Druck- und Endschalter sicherten einen automatischen Prüflauf.

Diese Beispiele zeigen, daß bei bestimmten Voraussetzungen mit nur wenigen technischen Zusatzeinrichtungen ein effektiver Haltbarkeitsnachweis von landtechnischen Arbeitsmitteln oder deren Baugruppen unter Einsparung von flüssigen Energieträgern möglich ist. Der Einsatz von sicherheitstechnischen Elementen gewährleistet dabei einen automatischen Prüflauf.

Zusammenfassung
Im Ergebnis der im Beitrag aufgeführten Prüfstanduntersuchungen konnten zahlreiche Schwachstellen und Mängel festgestellt und nach deren Beseitigung die Haltbarkeit der Konstruktionen nachgewiesen werden. Der Vergleich mit Schäden in der Praxis ist nicht in jedem Fall gegeben, da einige Prüflinge Erprobungsmuster sind und die auf den Prüfständen festgestellten Schwachstellen in der Serienfertigung bereits beseitigt wurden.

Bei Prüflingen, die in gleicher Form bereits im Praxiseinsatz sind, wurden vergleichbare Schadbilder festgestellt. Geprüft wurden bisher Serienerzeugnisse zur Überprüfung des vom Hersteller zu erbringenden Haltbarkeitsnachweises und Erprobungsmuster. In der Erprobungsmusterprüfung wird eine wichtige Aufgabe gesehen, um rechtzeitig und effektiv auf die Qualität der Erzeugnisse einzuwirken. Dazu gehören vor allem die Rationalisierungsmittel, die im Bereich der Landwirtschaft in kleineren Serien gefertigt werden. Die Bedeutung von Prüfstanduntersuchungen wächst mit der Erhöhung der Effektivität der Landtechnik, so daß auf diesem Gebiet eine ständige Weiterentwicklung notwendig ist. Seit mehreren Jahren besteht u. a. eine zweiseitige Zusammenarbeit mit den sowjetischen Prüfstellen ZMIS Solnetschnogorsk und WNIIMOSH Doslednizkoje bei der Entwicklung von Prüfständen und Prüfmethodiken.

A 4340

Bewertung der Bodenbelastung durch die Fahrwerke landtechnischer Arbeitsmittel

Dipl.-Ing. E. Stieglitz, KDT, Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim

1. Ausgangssituation

Der Boden ist Hauptproduktionsmittel der Landwirtschaft. Seine Fruchtbarkeit muß erhalten und gesteigert werden. Er ist aber gleichzeitig Fahrbahn der mobilen landtechnischen Arbeitsmittel (Traktoren mit Aufsattel- und Anhängemaschinen, selbstfahrende Erntemaschinen und Transportmittel). Würde man Spur an Spur fahren, müßte im Verlauf eines Jahres jede Stelle eines Feldes je nach angebauter Kultur 2- bis 4mal befahren werden.

Die Erhöhung der Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft erfordert den Einsatz leistungsfähiger technischer Arbeitsmittel. Das hat zur Folge, daß der Boden immer höheren Beanspruchungen durch Radlasten und Kräfte ausgesetzt wird. Verdichtungen, die bis weit unter die bearbeitete Krume reichen, akkumulieren sich dort und verschlechtern die bodenphysikalischen Bedingungen für das Pflanzenwachstum und die Wasserführung.

2. Aufgabenstellung für die Prüfung

Die Feststellung der Bodenschädigung als Folge der großen Belastung durch die Fahrwerke darf nicht nur zu Maßnahmen führen,

die diese Schäden wieder beseitigen, sondern muß vorrangig Ausgangspunkt für Forderungen sein, die das Entstehen von Druckschäden durch zu hohe Bodenbelastungen unter Fahrwerken ausschließen. Daraus sind Aufgaben zur Verbesserung der Fahrwerke landtechnischer Arbeitsmittel abzuleiten. Spätestens bei der staatlichen landwirtschaftlichen Eignungsprüfung muß eine Bewertung der Bodenbelastung durch die Fahrwerke – in der Mehrzahl luftbereifte Räder – vorgenommen werden. Ausgangspunkt für die Bewertung muß die auf das jeweilige Rad wirkende Vertikalkraft sein, die sich aus der maximalen Fahrzeugmasse – einschließlich der äußeren Kräfte – und ihrer ungünstigsten betrieblichen Verteilung ergibt. Diese Vertikalkraft muß über die Kontaktfläche, die sich zwischen dem belasteten luftbereiften Rad und dem Boden als Fahrbahn bildet, übertragen werden. Der Bestimmung der Größe dieser Kontaktfläche galt deshalb die Aufmerksamkeit der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik (ZPL) Potsdam-Bornim. Methodische Hinweise sind bereits in der „Prüfmethodik für land- und forstwirtschaftliche Traktoren der Teilnehmerländer des RGW“ (bisherige Standardempfehlung RS 4010-73) enthalten.

Ein gleichartiger Hinweis befindet sich auch im RGW-Standard 4767–84 (Land- und forstwirtschaftliche Traktoren; Prüfmethode). Der Nachteil des dort beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß nur ein einziger stationärer Zustand des Arbeitsmittels erfaßt und kein Überblick über die Gesamtheit der möglichen Belastungsfälle gegeben wird. Bei der Bestimmung der Kontaktflächen-größe sind prinzipiell alle Einflußfaktoren zu berücksichtigen. Das sind von seiten des Fahrwerks (Rad)

- vertikale Radbelastung
 - Breite und Durchmesser des verwendeten Luftreifens
 - Innendruck des Luftreifens
 - Lagenkennzahl des Luftreifens (PR-Ziffer)
 - Bauform der Reifenkarkasse (Radial- oder Diagonalreifen)
- und von seiten der Fahrbahn
- Bodenart und -zusammensetzung (Korngrößenverteilung)
 - Oberflächenzustand (Bewuchs, Ernterückstände)
 - Dichte und Feuchtigkeit.
- Für vergleichende Bewertungen erschien es zweckmäßig, die schwer zu erfassenden und niemals genau zu reproduzierenden Einfluß-

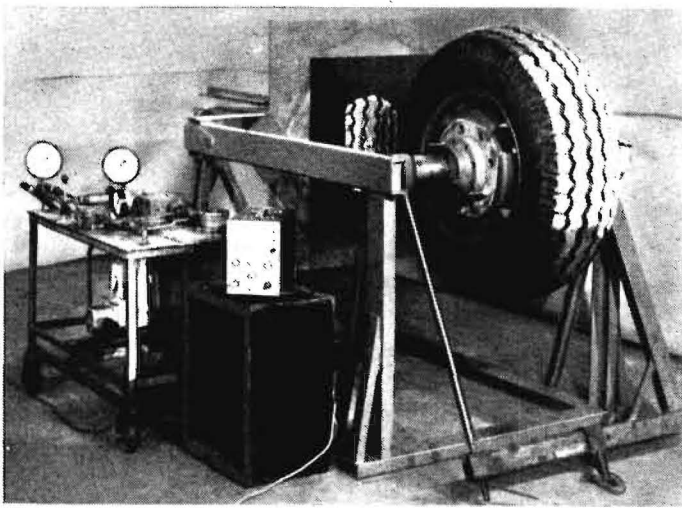


Bild 1
Vorrichtung zur Aufnahme der Aufstandflächen von Landwirtschaftsreifen auf fester Fahrbahn

faktoren von seiten des Bodens als Fahrbahn auszuschließen und die Bestimmung der Aufstandflächen auf einer festen Fahrbahn vorzunehmen. Das Verfahren der Bestimmung der Kontaktflächen zwischen Rad und Fahrbahn (Radaufstandflächen) und deren Nutzung als Divisor der Radbelastung führt ohnehin nur zu „mittleren“ Drücken in der Aufstandfläche und nicht zu tatsächlich auftretenden Bodendrücken, da die Druckverteilung niemals gleichmäßig ist. Die ermittelten Aufstandflächen und die damit bestimmbareren mittleren Drücke geben deshalb keine Auskunft über die unter dem Fahrwerk (Rad) herrschende Druckbelastung des Bodens. Sie sind nur als Vergleichswerte zu nutzen. Für die Zielstellungen der Prüfung und Bewertung von Arbeitsmitteln sind sie deshalb ausreichend, weil immer mit einem bestehenden oder zu erreichenden Zustand verglichen wird. Ergänzend muß aber darauf hingewiesen werden, daß vom Fahrwerk nicht nur vertikale Kräfte auf den Boden zu übertragen sind. Die Treibräder müssen zusätzlich Vortriebs- und Bremskräfte horizon-

tal in Fahrtrichtung, die Lenkräder in der Ebene und alle Räder am Seitenhang noch horizontale Kräfte quer zur Fahrtrichtung auf dem Boden abstützen. Dies führt zu einer zusätzlichen Belastung des Bodens in der Aufstandfläche. Hier wirkt insgesamt ein Kraftvektor, der seine Größe und Richtung in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand des Arbeitsmittels ständig verändert.

3. Bestimmung der Aufstandfläche

In der ZPL Potsdam-Bornim wurde deshalb die im Bild 1 dargestellte Vorrichtung entwickelt [1]. Mit ihr ist es möglich, systematisch die Aufstandflächen aller an landtechnischen Arbeitsmitteln verwendeten Reifen in Abhängigkeit von der vertikalen Belastung des damit ausgerüsteten Rades und den einzustellenden Reifeninnendrücken zu bestimmen. Die Variation der Belastung und des Innendrucks erfolgt innerhalb der in Reifenstandards und in den Betriebsvorschriften der Reifenhersteller festgelegten Grenzen. In Abhängigkeit von der Geschwindigkeit mögliche Überlastungen für bestimmte Reifengruppen werden dabei berücksichtigt. Die Vorrichtung gestattet aufgrund ihrer Abmessungen und Festigkeit die Bestimmung der Aufstandflächen von Reifen mit einem maximalen Radius von 950 mm und einer Breite von 760 mm. Der Farbabdruck der Aufstandfläche auf einer Pertinaxscheibe wird fotografisch aufgezeichnet. Zur Weiterverarbeitung werden maßstäbliche Vergrößerungen hergestellt. Im Bild 2 ist das Beispiel eines solchen Abdrucks wiedergegeben.

Jeder zu untersuchende Reifen wird zunächst mit dem höchsten zulässigen Innendruck beaufschlagt. Das Rad wird allmählich mit 60, 80, 100, 120 und 140 % der für diesen Innendruck angegebenen Nennlast belastet, so daß im Ergebnis die Veränderung der Aufstandfläche in Abhängigkeit von der Radbelastung ermittelt wird. Dann wird der Innendruck stufenweise vermindert, wobei die Reduzierungen je nach Reifen 10, 20 oder auch 50 kPa betragen können.

Bei jedem Innendruck wird die Aufstandfläche im Bereich von 60 bis 140 % der entsprechenden Nennlast bestimmt. Die sich für alle Druckstufen ergebenden Abhängigkeiten der Aufstandflächen $A = f(F_R)$ werden in einem gemeinsamen Diagramm aufgezeichnet. Diesem Diagramm können dann alle Aufstandflächen entnommen werden, die sich bei Veränderung von Innendruck und

Radbelastung ergeben. Auch Interpolation für nicht angegebene Innendruckstufen ist prinzipiell möglich. Die Abhängigkeiten der Kurven ergeben sich durch Regressionsrechnung nach einer logarithmischen Funktion:

$$A = a \ln(b F_R);$$

A Aufstandfläche

F_R Reifenbelastung

a, b aus den zugeordneten Funktionswerten von A und F_R zu bestimmende Konstanten.

Als typisches Beispiel ist im Bild 3a das Ergebnis der Aufstandflächenermittlungen für den Reifen 13,6 R 38 AS, 6 PR, dargestellt. Hierbei handelt es sich um den Hinterradreifen des in der Landwirtschaft der DDR in großen Stückzahlen vorhandenen Traktors MTS-50/52. Ein völlig anderes Beispiel zeigt das Bild 3b mit den Aufstandflächen des Mehrzweckreifens 16–20 MPT, 14 PR (Profil U 27), wie er an den landwirtschaftlichen Anhängern HW 80 mit einer Nutzmasse von 8 t und an Aufsattelanhängern verwendet wird. Derartige Diagramme der Aufstandflächen wurden von der ZPL bereits für zahlreiche Landwirtschaftsreifen ermittelt. Zukünftig sollen alle an landtechnischen Arbeitsmitteln verwendeten Reifen derartig „vermessen“ werden, um eine vollständige „Kartei der Reifenaufstandflächen“ zusammenzustellen.

4. Auswertung

Grundsätzlich wäre es möglich und eventuell auch zweckmäßig, nicht die Reifenaufstandfläche in Abhängigkeit von Innendruck und Reifenbelastung entsprechend der Funktion $A = f(F_R, p_m)$, sondern gleich die mittleren Drücke p_m in der Aufstandfläche nach der Funktion $p_m = f(F_R, p_i)$ darzustellen. Der mittlere Druck ist faktisch der Differentialquotient der beiden Ordinaten des Ausgangsdiagramms nach folgender Gleichung

$$p_m = \frac{F_R}{A}$$

Für den Reifen 13,6 R 38 AS, 6 PR, wurde die Abhängigkeit $p_m = f(F_R, p_i)$ ermittelt und im Bild 4 dargestellt. Interessant an dieser Darstellung ist das deutlich erkennbare Minimum des mittleren Drucks in der Reifenaufstandfläche als Maßstab der Bodenbelastung durch das Rad als einem Teil des Fahrwerks landtechnischer Arbeitsmittel. Aus der Lage dieses Minimums lassen sich bereits Forderungen für die Verwendung dieses Reifens an Arbeitsmitteln ableiten, wenn deren maximale betriebliche Radlasten bekannt sind.

Der Anstieg des mittleren Drucks in der Aufstandfläche auch bei geringen Radlasten (Bild 4) ist darauf zurückzuführen, daß bei den verhältnismäßig weichen Treibradreifen mit Lagenkennzahlen $PR \leq 8$ die Bildung einer Fläche zwischen der sphärischen Oberfläche des unbelasteten Reifens und der festen ebenen Fahrbahn von einer minimalen Belastung des Reifens abhängig ist.

Die Bewertung der Fahrbahnbelastungen durch die Räder eines landtechnischen Arbeitsmittels kann jetzt relativ einfach vorgenommen werden. Sie reduziert sich auf die Bestimmung der möglichen betrieblichen Belastungen der Räder. Mit Hilfe der vorliegenden Diagramme für den jeweiligen Reifen und den vom Hersteller vorgegebenen einzustellenden Reifeninnendruck ist die Aufstandfläche des Reifens und daraus der mittlere Druck innerhalb dieser Aufstandfläche

Bild 2. Abdruck eines Reifens der Dimension 13,6 R 38 AS, 8 PR, Reifeninnendruck 100 kPa, Nennbelastung auf fester Fahrbahn



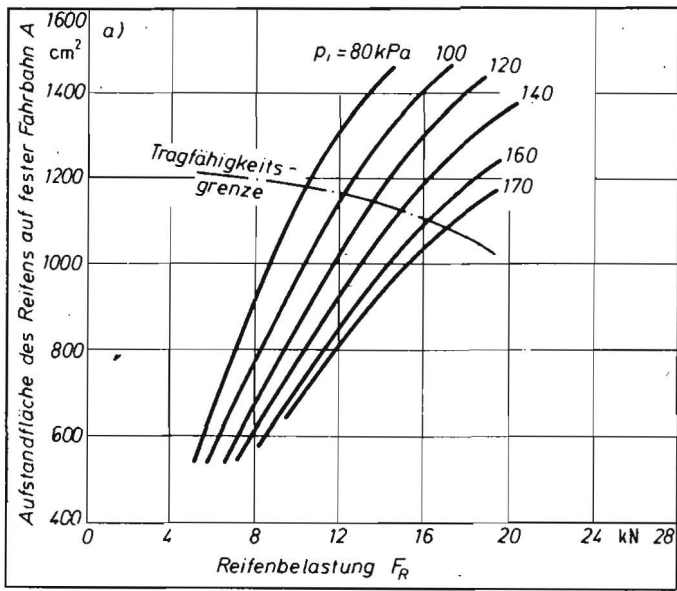
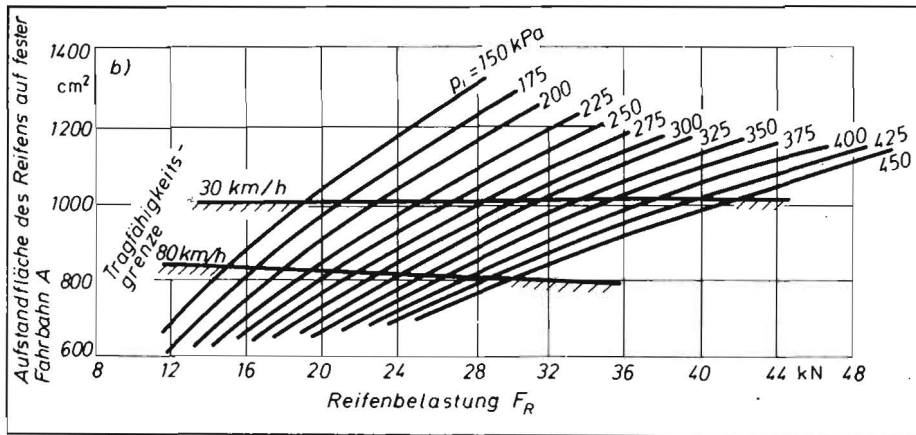


Bild 3
Abhängigkeit der Reifenaufstandfläche von Innendruck und Radbelastung
a) Reifen 13,6 R 38 AS, B PR



b) Reifen 16–20 MPT, 14 PR, Profil U 27

Rückschlüsse auf den in der Aufstandfläche auftretenden maximalen Druck auf fester Fahrbahn zu und gestattet keinerlei Schlußfolgerungen auf den „mittleren“ und maximalen Druck auf nachgiebigen landwirtschaftlichen Fahrbahnen. Der maximale Druck wirkt in der Mitte der Aufstandfläche, wo die sphärische, beidseitig gekrümmte Oberfläche des Reifens bei der Bildung der Aufstandfläche am meisten deformiert wird. Die Druckbelastung nimmt zu den Randzonen der Aufstandfläche hin ab. In einer weiteren Untersuchung ist deshalb zu klären, in welchem Verhältnis der Maximaldruck p_{max} zu dem mit der vorgestellten Vorrichtung bestimmbaren mittleren Druck p_m steht. Dieses Verhältnis $\Delta p = p_m/p_{max}$ ist zunächst für feste Fahrbahnen zu bestimmen. Weitere Untersuchungen sollen dann Auskunft darüber geben, in welchem Verhältnis die Aufstandflächen der Reifen auf fester Fahrbahn zu denen auf verschiedenen charakteristischen landwirtschaftlichen Fahrbahnen stehen. Hier sind besonders die sog. kritischen Fahrbahnen von Interesse, d. h. solche, bei denen eine zu große Druckbelastung des Bodens zu Ertragsminderungen führt. Dies ist z. B. der Fall, wenn landtechnische Arbeitsmittel Saatbettbereitung und Aussaat, aber auch Düngung und Pflanzenschutz in Beständen landwirtschaftlicher Kulturen durchführen. Kritische Belastungen treten auch beim Verteilen von Gülle und Stallung sowie beim Pflügen der Herbstfurche auf, besonders dann, wenn mit den rechten Rädern des Traktors in der Pflugfurche gefahren wird. Untersuchungen zum Bodendruck werden seit vielen Jahren in verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen vieler Länder durchgeführt. Dabei sind auch mathematische Zusammenhänge zur Bestimmung des mittleren Bodendrucks in der Aufstandfläche zu zeigen nur geringe Übereinstimmung mit den erwähnten mathematischen Zusammenhängen [2]. Es ist jedoch davon auszugehen, daß mathematische Beziehungen zwischen der Aufstandfläche oder dem mittleren Druck und den Parametern des Reifens (p_i , F_R , D , B) bestehen. Allerdings sind sie nicht linearer Natur, sondern haben den Charakter einer logarithmischen Funktion der Form $A = a \ln(b F_R)$.

als Vergleichswert bestimmbar. Verglichen werden dabei vorerst neue zu prüfende Arbeitsmittel mit bereits angewendeten und neuentwickelte Arbeitsmittel untereinander, die verschieden ausgerüstet sind. Wenn Radlasten und Innendrucke bekannt sind, können auch noch Arbeitsmittel in den Vergleich einbezogen werden, die vor längerer Zeit hergestellt wurden, soweit an ihnen Reifen Verwendung fanden, die auch heute noch produziert werden. Vergleiche sind deshalb in allen Richtungen möglich, Aussagen über tatsächliche Belastungen der als

Fahrbahn zu nutzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen nur begrenzt.

5. Vorgesehene Weiterführung der Arbeit

Die Bestimmung der Aufstandflächen von Landwirtschaftsreifen auf fester Fahrbahn und ihre Nutzung für eine vergleichende Bewertung der Bodenbelastung durch die Fahrwerke der mobilen landtechnischen Arbeitsmittel ist nur als erste nutzbare Möglichkeit zur Lösung dieses Problems zu werten. Der „mittlere Druck“ kann nur als Orientierungswert angesehen werden. Er läßt noch keine

Untersuchungen zum Bodendruck werden seit vielen Jahren in verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen vieler Länder durchgeführt. Dabei sind auch mathematische Zusammenhänge zur Bestimmung des mittleren Bodendrucks in der Aufstandfläche zu zeigen nur geringe Übereinstimmung mit den erwähnten mathematischen Zusammenhängen [2]. Es ist jedoch davon auszugehen, daß mathematische Beziehungen zwischen der Aufstandfläche oder dem mittleren Druck und den Parametern des Reifens (p_i , F_R , D , B) bestehen. Allerdings sind sie nicht linearer Natur, sondern haben den Charakter einer logarithmischen Funktion der Form $A = a \ln(b F_R)$.

Unabhängig von allen bereits durchgeführten Untersuchungen zum Bodendruck wurde von der ZPL der Versuch unternommen, für die Bewertung und Prüfung von Fahrwerken nutzbare Daten zu gewinnen. Erste Ergebnisse wurden in diesem Beitrag vorgestellt. Die bereits ermittelten Diagramme für die Abhängigkeit der Aufstandfläche $A = f(F_R, p_i)$ können interessierten Institutionen zur Verfügung gestellt werden.

6. Zusammenfassung

Ausgehend von der Bedeutung des Problems der Belastung des Bodens durch die Fahrwerke mobiler landtechnischer Arbeitsmittel für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit muß bei der staatlichen landwirtschaftlichen Eignungsprüfung der Bewertung der Fahrwerke vorrangige Bedeutung zugemessen werden. Die vorgestellte Möglichkeit einer vergleichenden Bewer-

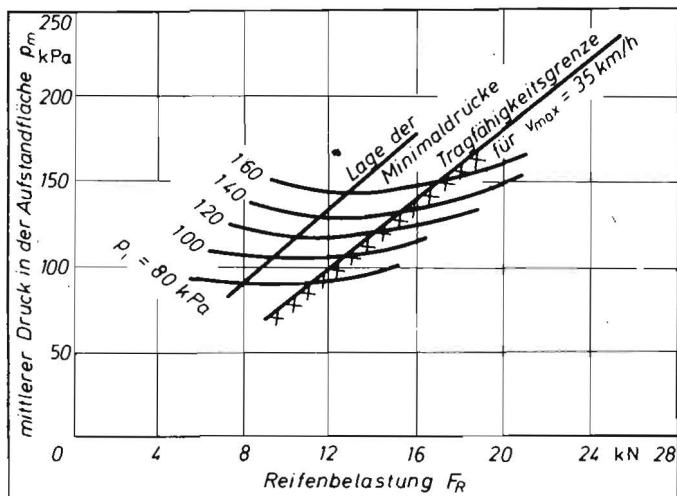


Bild 4
Abhängigkeit des mittleren Drucks in der Reifenaufstandfläche von Radbelastung und Reifeninnendruck (Reifen 13,6 R 38 AS, 8 PR)

Fortsetzung auf Seite 67

Tafel 2. Anteil verschiedener technischer Anlagen an Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft (nach [2])

Anlagengruppe	Anteil %
Silos, Bunker	20,2
Entstaubungsanlagen/Abscheider	14,3
Mahl- und Zerkleinerungsanlagen	13,7
Förderanlagen	10,1
Trockner	7,6
Feuerungsanlagen	5,3
Mischanlagen	4,5
Schleif- und Poliermaschinen	4,5
Pulverrückgewinnungsanlagen	1,1
Siebanlagen (Sichter)	3,1
Wiegeanlagen	0,5
Walzen	0,5
sonstige	14,6

Tafel 3. Anteil der einzelnen Zündquellenarten bei aufgetretenen Staubexplosionen (nach [3])

Zündquelle	Anteil %
mechanische Funken	29,6
Glimmnest	9,3
mechanische Erwärmung (Reibung)	8,9
elektrostatische Entladung	9,3
heiße Oberfläche	6,5
Feuer, Brand	8,2
Selbstentzündung	5,8
Schweißarbeiten	4,8
elektrische Betriebsmittel	3,4
unbekannt	11,7
sonstige	2,4

bungsanlagen, Zerkleinerungsanlagen und Förderanlagen, haben an Staubexplosionsergebnissen den größten Anteil (Tafel 2). Bei der Suche nach den Ursachen einer Staubexplosion und bei der Rekonstruktion des Ablaufs ist die Frage nach der Zündquelle von größter Bedeutung. Die zur Auslösung einer Staubexplosion erforderliche Mindestzündenergie einer Zündquelle ist für eine Reihe von Stäuben sehr niedrig (z. T. weniger als 10 mJ). Tafel 3 gibt den Anteil der einzelnen Zündquellenarten bei aufgetretenen Staubexplosionen wieder.

Entscheidend für die Einschätzung der Schwere eines Staubexplosionereignisses ist das entstandene Schadensausmaß, besonders der verursachte Personenschaden. Entsprechend den meist unpräzisen Angaben bei den Schadensmeldungen ist eine Einstufung der Explosionsereignisse nach dem Umfang des entstandenen Sachschadens nur schwer durchführbar. In Tafel 4 wird eine Übersicht über Personenschäden innerhalb verschiedener Staubgruppen gegeben.

4. Schadensfälle

Nachfolgend werden charakteristische Schadensfälle, die durch Explosionen in staubförmige Produkte verarbeitenden Anlagen aufgetreten sind, dargestellt.

4.1. Staubexplosion in einem Ventilator

Beim Absaugen staubhaltiger Abluft kommt es immer wieder zu Ablagerungen von Staubschichten in Rohrleitungen und Ventilatoren. Das Staub-Luft-Gemisch der Abluft ist wegen des geringen Staubeanteils zwar nicht explosionsfähig, es kommt aber bei Aufwirbelung der Staubschichten zur Ausbildung gefährlicher Staub-Luft-Gemische. Im vorliegenden Beispiel wurde der aus einer Trocknungsanlage kommende staubhaltige Brüden über Absaugleitungen und Ventilator über Dach gefördert. Kurz nach Einschalten des Ventilators kam es zu einer Explosion mit einer Stichflamme, die aus dem Ventilatorgehäuse schlug. Ein Seitenteil des Gehäuses wurde aus dem Falz gedrückt. Der Elektromotor wurde durch die Explosion aus dem Fundament gerissen. Das weiterlaufende Ventilatorflügelrad schloß, es war Funken-schlag zu beobachten. Der Motor wurde umgehend abgeschaltet. Personenschaden trat nicht auf, der Sachschaden war gering.

4.2. Staubexplosion in einer Grünfüttertrockenanlage

Die von der Explosion betroffene Trocknungsanlage wurde zur Trocknung von Futterpflanzen mit Hilfe von Feuergas genutzt, das durch Verbrennung von Heizöl entstand. Im Normalbetrieb durchläuft das Trockengut in kontinuierlicher Fahrweise die Trockentrommel und erwärmt sich dabei auf eine Temperatur von rd. 140 °C. Bei übermäßiger Erwärmung des Trockenguts wird über einen Temperaturregelkreis (Zweipunktregler) die Flamme des Brenners durch Reduzierung des Heizölaufzulaufs verkleinert.

Am Ereignistag wurde vom Anlagenpersonal eine Betriebsstörung im Beschickungsteil der

Trocknungsanlage übersehen, die eine Erhitzung des Grünfutters in der Trockentrommel auf eine Temperatur von über 240 °C zur Folge hatte. Bevor die Anlage abgeschaltet werden konnte, trat eine Explosion unter lautem Knall, Feuerschein und starker Rauchentwicklung ein. Drei Personen, die sich in Nähe der Anlage befanden, wurden von der Druckwelle zurückgeworfen, erlitten aber keine größeren Verletzungen. In der Arbeitsstätte entstand ein kleiner Folgebrand. Der verursachte Sachschaden bezog sich auf Beschädigungen von Trocknungstrommel, Staubzyklon, verschiedenen Rohrleitungen und Teilen der Arbeitsstätte.

4.3. Staubexplosion in einer Mahlanlage

Die nie völlig auszuschließende Möglichkeit der Funkenbildung infolge der Schlag- und Reibwirkung im Mühleninnern führt zur ständigen Gefahr der Entzündung des Mahlguts, vorausgesetzt, daß das Mahlgut brennbar ist und die Anlage nicht inertisiert wird. Im Auffangbehälter, in dem das gemahlene Feingut aus der Schlagmühle gesammelt wurde, kam es beim Vermahlen eines leicht entzündlichen Feststoffs zur Explosion. Während der an der Anlage Tätige den Bedienstand fluchtartig verließ, kam es zu einer zweiten Explosion im Staubabscheider, wobei sich der Werk tätige durch die austretende Stichflamme mittelschwere Verbrennungen zuzog. Der entstandene Sachschaden war gering. Beim Öffnen der Schlagmühle wurden deutliche Schleifspuren und ein beschädigtes Siebblech festgestellt.

Literatur

- [1] Beck, H.; Jeske, A.: Dokumentation Staubexplosionen. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit Sankt Augustin 1982.
- [2] Beck, H.: Schadensanalyse von Staubexplosionen. Staub, Düsseldorf 42 (1982) 3, S. 118-123.
- [3] Beck, H.: Staubexplosionen in den letzten Jahren und ihre Ursachen. Moderne Unfallverhütung, Essen 22 (1978) 2, S. 78-81.

A 4318

Tafel 4
Übersicht über Personenschäden innerhalb verschiedener Schadensgruppen (nach [2])

Staubgruppe	Anzahl der Ereignisse		Anzahl der Toten		Anzahl der Verletzten
	absolut	%	absolut	%	
Holzstäube	113	31,6	12	11,7	124
Nahrungs- und Futtermittelstäube	88	24,7	38	36,9	127
Metallstäube	47	13,2	18	17,5	91
Kunststoffstäube	46	12,9	18	17,5	98
Torf- und Kohlestäube	33	9,2	7	6,8	39
Papierstäube	7	2,0	-	-	-
sonstige	23	6,4	10	9,7	13

Fortsetzung von Seite 61

tung der Bodenbelastung durch die Ermittlung der Aufstandfläche der Reifen auf fester Fahrbahn ist nur als erster nutzbarer Schritt zur Erarbeitung eines geeigneten, allgemein nutzbaren methodischen Materials anzusehen. Die Ergebnisse ermöglichen zunächst nur eine qualitative Bewertung verschiede-

ner Fahrwerkvarianten und Reifenausrüstungen. Für eine quantitative Bewertung sind weitere Untersuchungen in der angeedeuteten Richtung notwendig.

Literatur

- [1] Engler, E.; Laube, H.: Entwicklung eines Prüfstandes zur Messung der Reifenaufstandsflä-

- chen von landtechnischen Arbeitsmitteln. Ingenieurschule Friesack, Abschlußarbeit 1980.
- [2] Steiner, M.; Söhne, W.: Berechnung der Tragfähigkeit von Ackerschlepperreifen sowie des Kontaktflächenmitteldruckes und des Rollwiderstandes. Grundlagen der Landtechnik, Braunschweig-Völknerode 29 (1979) 5, S. 145-152.