

3. Zapfwelle

- Einheitsprofil unabhängig von der Drehzahl
1 3/8" 6teilig bis 110 kW
1 3/4" 6teilig über 110 kW
- umschaltbare Zapfwellen für Heck und Front
- einheitliche Drehrichtung für Heck- und Frontzapfwelle (im Uhrzeigersinn, auf die Stirnfläche der Zapfwelle gesehen)
- mittige Lage von Heck- und Frontzapfwelle
- Vergrößerung des Freiraumes um die Zapfwelle

4. Hydraulik

- genormter Abstand der Hydraulikanschlüsse
- feste Zuordnung für Vor- und Rücklauf
- einheitliche, unter Last kuppelbare Schnellverschlüsse
- kein Auftreten von Lecköl beim Kuppeln
- einheitliche Hydrauliköle

5. Elektrik

- Dauerstromanschluß
- einheitliche Steckdose (Form und Polung)
- einheitliche Lage der Steckdose
- geeignete Absicherung

6. Kabine

- Öffnung für Steuer- und Bedienungseinrichtungen

- Befestigungseinrichtungen bzw. Flächen für Steuer- und Bedienungseinrichtungen
- Raum für ein Display zur Anzeige von Schlepper- und Gerätefunktionen

7. Anforderungen an Geräte

- verbesserte Lage der Koppelpunkte bei Anbau- und Anhängegeräten
- Optimierung der Lage von Anschlußwellen zur Verbesserung der Gelenkwellenführung
- Vereinheitlichung der Anschlußwellen in Durchmesser und Profil
- ausreichende Freiräume für Betriebs- und Ruhestellung der Gelenkwelle
- Ausrüstung mit einer zweckmäßigen Ablage für die Gelenkwelle
- Einsatz von elektrischen und elektro-hydraulischen Fernbedienungen.

Dieser Katalog stellt einen anzustrebenden Idealzustand dar. Insgesamt werden hierdurch die derzeitigen Unzulänglichkeiten besonders deutlich. Eine Optimierung der bestehenden Schnittstellen ist bei der stetigen Weiterentwicklung von Ackerschleppern und Geräten dringend erforderlich.

Vorderachsfederung für landwirtschaftliche Schlepper

Von Horst Weigelt, Berlin*)

DK 631.372:629.11.012.311:629.11.012.8

Fragen des Fahrkomforts und der Fahrsicherheit, die sich unter dem verallgemeinerten Begriff der Fahrdynamik zusammenfassen lassen, nehmen im heutigen Schlepverbau einen breiten und bedeutenden Raum ein.

Neben den bereits bekannten Konstruktionen und Vorschlägen zur Verbesserung der Fahrdynamik konventioneller Standardschlepper ist die Anwendung von Vorderachsfederungen ein weiterer in Aufwand und Wirksamkeit ausgeglichener Ansatz.

Zur besseren Einordnung der Vorderachsfederung in bestehende Konzepte sowie deren Beurteilung ist im nachfolgenden Artikel eine kurze Behandlung der bekannten Lösungsansätze vorangestellt. Im weiteren werden der prinzipielle Aufbau einer für den landwirtschaftlichen Einsatz adaptierten Vorderachsfederung, ihre reale Ausführung sowie erste Ergebnisse der fahrdynamischen Untersuchung geschildert.

1. Einleitung

Für die vergangenen Jahre ist die Tendenz unverkennbar, die Leistungsfähigkeit und die Effektivität von landwirtschaftlichen Schleppern kontinuierlich anzuheben. Dies äußert sich nicht nur in den Schlepperkonstruktionen selbst, sondern vor allem auch im Einsatz größerer Arbeitsgeräte und Kombinationen mit erheblich gesteigerter Schlagkraft sowie in den stetig angehobenen Transportgeschwindigkeiten. So ist z.B. augenblicklich eine

Anhebung der Schleppergeschwindigkeit auf 50 km/h in der Diskussion.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung nehmen im modernen Schlepperbau Fragen der Fahrdynamik und Fragen der Ergonomie einen hohen Stellenwert ein, und dies sowohl aus Gründen der Humanisierung des Arbeitsplatzes "Schlepper" als auch aus Gründen eines effektiveren Zusammenwirkens des Systems Mensch/Maschine. Unstrittig dürfte sein, daß ein Nichtbeachten von fahrdynamischen Gesichtspunkten bei der Schlepperkonstruktion es für den späteren Anwender als schwächeres Glied in der Leistungskette aus physiologischen und fahrtechnischen Gründen problematisch bzw. unmöglich macht, die theoretisch einsetzbare Leistungsfähigkeit des Schleppers auch in allen Bereichen in vollem Umfang zu nutzen. Diese Aussage gewinnt in verstärktem Maße Bedeutung für Neukonstruktionen, bei denen eine weitere Anhebung der heutigen Leistungsgrenzen vorgesehen ist.

Grenzt man nachfolgend den Begriff der Fahrdynamik auf die Problemstellung des Schwingungsverhaltens des Schleppers beim Überfahren von Fahrbahnebenen ein, so läßt sich eine Unterscheidung nach den Größen Fahrkomfort und Fahrsicherheit treffen. Als Maß für den Fahrkomfort ist die Schwingungsbelastung am Fahrerplatz anzusetzen. Die Schwingungsbelastung steht dabei in direktem Zusammenhang mit dem Wohlbefinden und der Leistungsfähigkeit des Fahrers. Die Fahrsicherheit ist durch die dynamischen Vorderachslasten als Maß für die abstützbaren Lenkkräfte beschreibbar. Für die Fahrsicherheit ist die Gewährleistung einer hinreichenden Lenkbarkeit notwendig, sie äußert sich für den Fahrer aber auch indirekt in einer Verschlechterung oder Verbesserung des subjektiven Fahreindrucks.

Unter der Prämisse, die Grundkonzeption des Standardschleppers unbeeinflusst zu lassen, zielen die zur Verbesserung der Fahrdynamik bislang bekannten und teilweise erfolgreich eingesetzten Lösungsansätze primär auf die Verbesserung einer der beiden genannten Komponenten.

*) Dipl.-Ing. H. Weigelt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinenkonstruktion, Fachgebiet Landtechnik und Baumaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich) der TU Berlin.

2. Existierende Lösungsansätze zur Verbesserung der Fahrdynamik

2.1 Verbesserung des Fahrkomforts

Die Kenntnis der gesundheitsschädigenden Wirkung von Fahr-schwingungen, verbunden mit einer gleichzeitigen Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Schlepperfahrers, hat bereits seit längerer Zeit zu vermehrten Anstrengungen geführt, in erster Linie den Fahrkomfort entscheidend zu verbessern. Durch die breite Einführung ausreichend abgedeckter Fahrersitze und die Darstellung technischer Möglichkeiten, gefederte Fahrerkabinen bzw. Plattformen praxistgerecht zu realisieren, kann das Problem der Fahrkomfortverbesserung als weitgehend gelöst betrachtet werden, zumal der bislang noch nicht genutzte Einsatz aktiver Federungssysteme [1] ein weiteres Entwicklungspotential auf diesem Gebiet darstellt.

Bild 1 aus einer von *Kauß u. Weigelt* [2] durchgeführten Untersuchung zeigt beispielhaft anhand des Linearspektrums des Beschleunigungseffektivwertes in Höhe des Sitzbefestigungsflansches die durch eine passive Kabinenfederung für den Fahrer erreichbare Reduzierung der Hubschwingungen. Vergleichbare Verbesserungen lassen sich auch für die Wank- und Nickschwingungen darstellen.

Zukünftig dürfen sich Fahrkomfortverbesserungen – bei allerdings größerem technischen und materiellen Aufwand – vor allem durch den Einsatz von Kabinenfedern erzielen lassen. Dies begründet sich nicht nur in der Möglichkeit, zusätzlich zur Hubrichtung Federungen in weiteren Richtungen vorsehen zu können, sondern vor allem in der Eliminierung der ungünstigen Relativbewegungen zwischen dem Fahrer und den Bedienelementen. Der letztgenannte Punkt dürfte entscheidend zur Verbesserung des subjektiven Fahrempfindens und der Fahrsicherheit in entscheidungs- und handlungskritischen Fahrsituationen beitragen.

Auf Grund der Rückwirkungsfreiheit der Sitz- bzw. Kabinenfederung auf das allgemeine Schwingungsverhalten des Schleppers ist mit ihnen nur der Schwingungsschutz für den Fahrer realisierbar. Die Fahrdynamik des Schleppers selbst sowie die fahrdynamischen Grenzen bleiben durch diese Art der Federung unbeeinflusst. Bei einer umfassenden Fahrkomfortverbesserung durch eine Kabinenfederung wirft sich sogar die Frage auf, wie der Einfluß des mit der wachsenden Schwingungsisolierung für den Fahrer verbundenen Informationsverlustes über die aktuelle Fahrsituation des Schleppers auf die allgemeine Fahrsicherheit einzuschätzen ist.

2.2 Verbesserung der Fahrsicherheit

Im Gegensatz zum Fahrkomfort gewinnen Fragen der Fahrsicherheit erst heute im Zusammenhang mit steigenden Transportgeschwindigkeiten und schweren Heckanbaugeräten zunehmend an Bedeutung.

Neben der statischen Vorderachsentlastung durch den Heckanbau tragen die von der Fahrgeschwindigkeit und dem Bodenprofil abhängigen dynamischen Achslastschwankungen zu einer unerwünschten zusätzlichen Achsentlastung bei. Frühere, unter praxisnahen Bedingungen durchgeführte Untersuchungen der TU Berlin [3] haben gezeigt, daß die auftretenden dynamischen Achslastschwankungen zum zeitweiligen Verlust des Bodenkontaktes der gelenkten Räder führen können, wodurch die Abstützung von Lenkkraften nicht oder nur unzureichend gewährleistet ist. Dies tritt vor allem auch in Standardsituationen des normalen Transportbetriebes und keineswegs nur in besonderen Ausnahmefällen auf.

Um solchen kritischen Fahrzuständen entgegenzuwirken, wurde vorgeschlagen, den Heckanbau als Tilgungssystem für die Nickschwingungen auszunutzen, die im wesentlichen zur dynamischen Achsentlastung beitragen. Dies ist durch eine einfache Modifikation des konventionellen Dreipunktgestänges in Form einer zusätzlichen Elastizität im Oberlenker oder Hubzylinder realisierbar.

In Bild 2 ist die spektrale Leistungsdichte der dynamischen Vorderachslast für eine Transportfahrt mit einem Anbaupflug für die Konfiguration mit und ohne Tilgersystem dargestellt. Im Bereich von 1–2 Hz ist die gegenüber dem starren Geräteanbau mit Hilfe der Schwingungstilgung erreichbare Reduzierung der Nickbewegung der Kombination Schlepper/Gerät deutlich erkennbar. Das Spektrum zeigt aber auch, daß sich mit dem Prinzip der Tilgung lediglich die Resonanzüberhöhung in der Nickfrequenz, nicht aber die der Hubeigenfrequenz unterdrücken läßt.

Prinzipbedingt bleibt durch die Einbeziehung der angebauten Arbeitsgeräte diese Schwingungstilgung auf den schmalen Einsatzbereich des Geräteanbaus und dabei auf den Gerätetransport beschränkt. Will man unabhängig vom jeweiligen Einsatzfall das Schwingungsverhalten des Schleppers grundlegend beeinflussen, so stellt die konsequente Anwendung von Aufbaufederungen eine Möglichkeit dar.

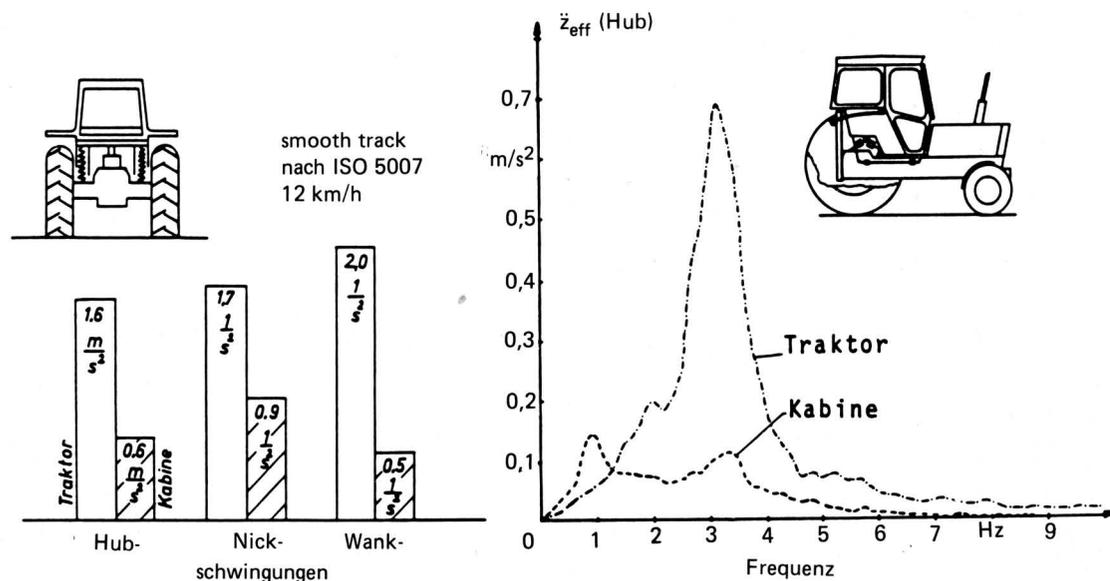


Bild 1. Fahrkomfortverbesserung durch eine passive Kabinenfederung; nach *Kauß u. Weigelt* [2].

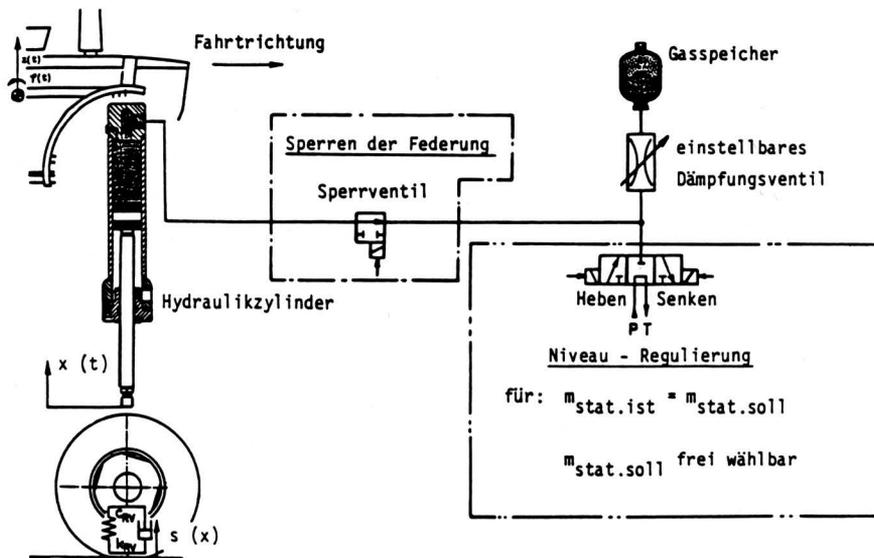


Bild 4. Grundaufbau einer hydropneumatischen Vorderachsfederung für Ackerschlepper.

In **Bild 5** ist eine solche in einen Traktor integrierbare Federung in ihrem grundsätzlichen Aufbau sowie in ihren Hauptbauteilen schematisch dargestellt. Die eigentliche Federung baut auf einer angetriebenen konventionellen Starrachse auf, die durch Längslenker und einen Panhardstab geführt wird. Nicht nur aus Gründen einer vorteilhaften Achsführung, sondern auch aus konstruktionsbedingten Gründen stützen sich die Längslenker an der Kuppelungsglocke ab. Die Federung selbst ist als hydropneumatische Federung ausgelegt, wobei die Elemente Dämpfungsventile und Gasspeicher von außen nicht sichtbar im Vorderwagen hinter der Fronthaube Platz finden. Neben der bereits betonten einfachen Realisierbarkeit der für den praktischen Einsatz notwendigen Zusatzfunktionen gestattet der Einsatz von hydropneumatischen Federungselementen im praktischen Versuchsbetrieb eine einfache und schnelle Veränderung der Federungsparameter.



Bild 6. Unmodifizierter Standardschlepper vor dem Einbau einer Vorderachsfederung.

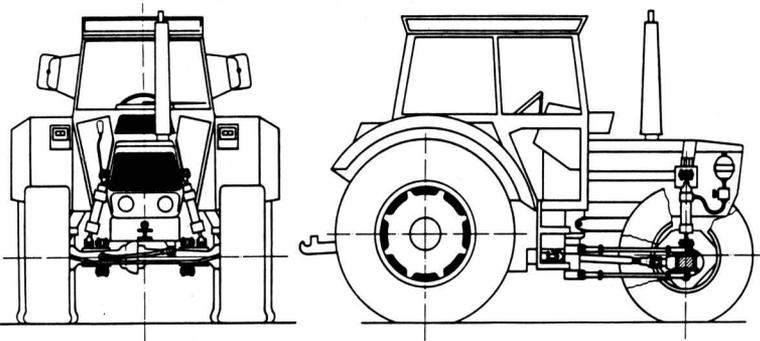


Bild 5. Prinzipdarstellung der Einbausituation einer hydropneumatischen Vorderachsfederung in einem allradgetriebenen, konventionellen Standardschlepper.

Einerseits verdeutlicht die Abbildung die Möglichkeit, einen Standardschlepper mit vertretbarem Aufwand ohne Eingriffe in das Grundkonzept auf eine für Grundsatzuntersuchungen ausgelegte Vorderachsfederung umzurüsten, und andererseits zeigt sie konkrete Ansatzpunkte für eine zukünftige Serienausführung. Aufbauend auf der Voruntersuchung, wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. KHD, Köln, für einen allradgetriebenen Standardschlepper der mittleren Leistungsklasse, **Bild 6** eine Vorderachsfederung neu entwickelt.



Bild 7. Standardschlepper nach Einbau einer hydropneumatischen Vorderachsfederung auf einer 4-Stempel-Hydropulsanlage.

Dies führte zu dem in **Bild 7** dargestellten modifizierten Schlepper. Neben den bereits beschriebenen Bauteilen sind hier die zur Meßausrüstung gehörenden Weg- und Kraftaufnehmer erkennbar.

Ziel der Untersuchung ist – neben dem praktischen Nachweis der Integrierbarkeit einer Federung durch eine erste konstruktive Ausführung – der Nachweis sowohl der schwingungstechnischen Wirksamkeit wie auch der allgemeinen Praktikabilität einer Vorderachsfederung.

3.3 Experimentelle Untersuchungen zur Fahrdynamik eines Schleppers mit Vorderachsfederung

Die grundlegenden Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses der Vorderachsfederung auf das Schwingungsverhalten von Schleppern sind auf einer 4-Stempel-Hydropulsanlage unter Simulation realer Randbedingungen, d.h. Verwendung vermessener Wegunebenheitsverläufe als Anregungssignale und Berücksichtigung der Einsatzbedingungen Leerfahrt sowie schwerer Heckanbau, durchgeführt worden. Als Variationsparameter werden die Größen Fahrgeschwindigkeit sowie Federsteifigkeit und Dämpfung der Vorderachsfederung angesetzt. Wie bereits erwähnt, werden zur Beschreibung der Fahrdynamik die Größen Fahrkomfort, gemessen als Effektivwert der Vertikalbeschleunigung am Sitzbefestigungsflansch, und Fahrsicherheit, gemessen als indirekte Größe in Form des Effektivwertes der dynamischen Kraft zwischen Vorderachse und Vorderteil des Schlepperrumpfes, betrachtet. Außerdem wird der Effektivwert der Vertikalbeschleunigung am Vorderteil des Schlepperrumpfes ermittelt.

Bezieht man diese Größen auf die jeweiligen Meßwerte des Schleppers mit gesperrter Federung, so lassen sich aus dieser normierten Darstellung die mit einer Vorderachsfederung erreichbaren Verbesserungen direkt ablesen.

Nachfolgend sollen für den mit einer Vorderachsfederung modifizierten Standardschlepper einige Meßergebnisse vorgestellt und interpretiert werden.

In Bild 8 ist für die im Bild angegebenen Randbedingungen das Verhalten des Leerfahrzeuges bei Variation der Federsteifigkeit der Vorderachsfederung dargestellt. Bis auf die konstruktionsbedingte Eigendämpfung der Federung ist bei diesem Versuch eine Dämpfung nicht vorgesehen (keine Zusatzdämpfung). Es zeigt sich deutlich, daß sich mit abnehmender Federsteifigkeit sowohl die dynamische Kraft auf den Vorderteil des Schlepperrumpfes ($F_{v \text{ dyn}}$) wie auch die Vertikalbeschleunigung des Schleppervorderteils ($\ddot{z}_v \text{ Aufb. vorn}$) erheblich unter die Werte des ungefederten Schleppers absenken lassen. Allerdings wird diese Tendenz dadurch begrenzt, daß sich sowohl aus konstruktiven wie auch aus fahrpraktischen Gründen die Federsteifigkeit einer passiven Federung nicht beliebig weit absenken läßt.

Der erzielbare Fahrkomfort ($\ddot{z}_v \text{ Sitzbefl.}$) ist in erster Näherung unabhängig von der Größe der Federsteifigkeit und verbessert sich um etwa 20 % gegenüber dem ungefederten Schlepper. Da durch die Vorderachsfederung das Schwingungsverhalten des Hinterachssystems nicht veränderbar ist, der heutige Fahrerplatz des Standardschleppers sich aber in der Regel in Hinterachsnähe oder sogar über der Hinterachse befindet, ist es verständlich, daß sich unter diesen Bedingungen für den Fahrkomfort eine Verbesserung in dem Maße, wie es beispielsweise mit einer wirkungsvollen Kabinenfederung möglich ist, nicht erreichen läßt.

Für eine feste Einstellung von Federsteifigkeit und Dämpfung der Vorderachsfederung zeigt eine Darstellung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit, Bild 9, besonders deutlich die gegenüber dem ungefederten Schlepper erzielbare Verbesserung. Über den gesamten betrachteten Geschwindigkeitsbereich wird für die Vertikalbeschleunigung des Schleppervorderteils eine Reduzierung von etwa 60 % und für die dynamische Kraft auf den Vorderteil des Schlepperrumpfes von etwa 65 % gegenüber dem Ausgangszustand erreicht.

Die Ergebnisse der gleichen Untersuchung für den Fall des schweren Heckanbaus, Bild 10 und 11, lassen ähnliche Tendenzen erkennen. Bei dieser Konfiguration läßt sich allerdings der Fahrkomfort um etwa 30 % verbessern, wobei die Verringerung der Vertikalbeschleunigung des Schleppervorderteils aber nur bei etwa 50 % liegt.

Die hier dargestellten Meßergebnisse zeigen eindeutig, daß mit einer entsprechend abgestimmten Vorderachsfederung die Fahrsicherheit entscheidend verbessert und bei Beibehaltung der derzeitigen Sitzposition der Fahrkomfort in Grenzen angehoben werden kann. Eine Verbesserung des Schwingungsverhaltens

des Schleppers führt dabei in erster Linie zu einer besseren Fahrdynamik, daneben aber auch zu einer erheblichen Abnahme der schwingungsbedingten Bauteilbeanspruchung. Dies gilt insbesondere für die beim Transport in die Anbaugeräte eingeleiteten Kräfte.

Neben den objektiv meßbaren Kriterien zur Beurteilung der Vorderachsfederung konnte in anschließenden praktischen Fahrversuchen nachgewiesen werden, daß der vorderachsgefederte Schlepper auch in der subjektiven Bewertung der Fahrer hinsichtlich des Fahrverhaltens deutlich höher als das ungefederte Ausgangsfahrzeug eingestuft wurde.

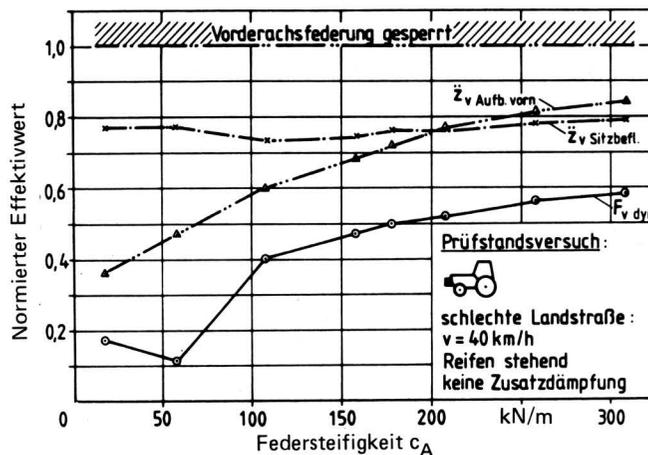


Bild 8. Normierte Effektivwerte (Effektivwerte für den Schlepper mit Vorderachsfederung bezogen auf die entsprechenden Effektivwerte ohne Vorderachsfederung) der Vertikalbeschleunigung am Sitzbefestigungsflansch ($\ddot{z}_v \text{ Sitzbefl.}$) und am Vorderteil des Schlepperrumpfes ($\ddot{z}_v \text{ Aufb. vorn}$) sowie der dynamischen Kraft auf den Vorderteil des Schleppers ($F_{v \text{ dyn}}$) in Abhängigkeit von der Federsteifigkeit der Vorderachsfederung; Leerfahrt, $v = 40 \text{ km/h}$.

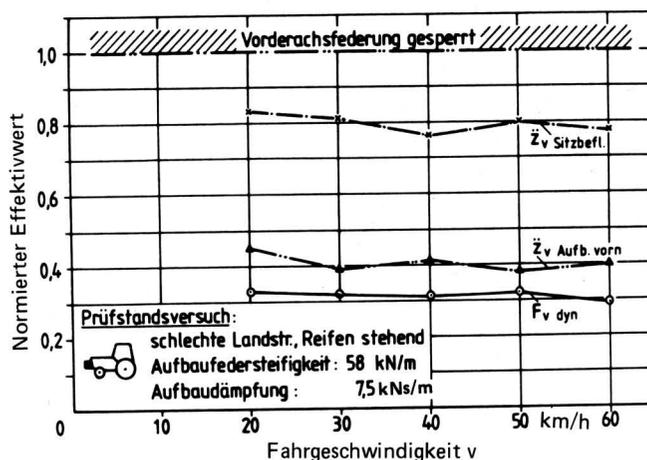


Bild 9. Normierte Effektivwerte (Effektivwerte für den Schlepper mit Vorderachsfederung bezogen auf die entsprechenden Effektivwerte ohne Vorderachsfederung) der Vertikalbeschleunigung am Sitzbefestigungsflansch ($\ddot{z}_v \text{ Sitzbefl.}$) und am Vorderteil des Schlepperrumpfes ($\ddot{z}_v \text{ Aufb. vorn}$) sowie der dynamischen Kraft auf den Vorderteil des Schleppers ($F_{v \text{ dyn}}$) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit; Leerfahrt, Federsteifigkeit $c_A = 58 \text{ kN/m}$.

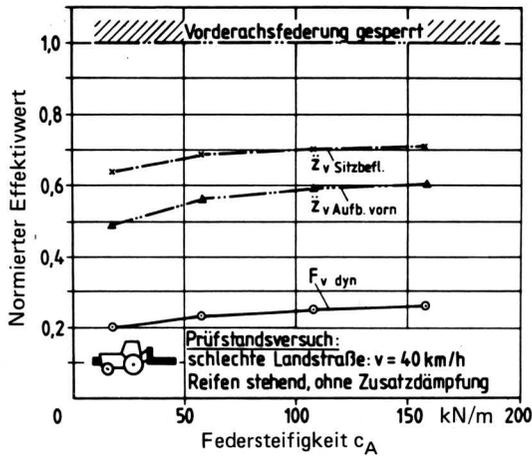


Bild 10. Normierte Effektivwerte (Effektivwerte für den Schlepper mit Vorderachsfederung bezogen auf die entsprechenden Effektivwerte ohne Vorderachsfederung) der Vertikalbeschleunigung am Sitzbefestigungsflansch (\ddot{z}_v Sitzbefl.) und am Vorderteil des Schlepperrumpfes (\ddot{z}_v Aufb. vorn) sowie der dynamischen Kraft auf den Vorderteil des Schleppers ($F_{v \text{ dyn}}$) in Abhängigkeit von der Federsteifigkeit der Vorderachsfederung; Fahrt mit schwerem Heckanbau, $v = 40 \text{ km/h}$.

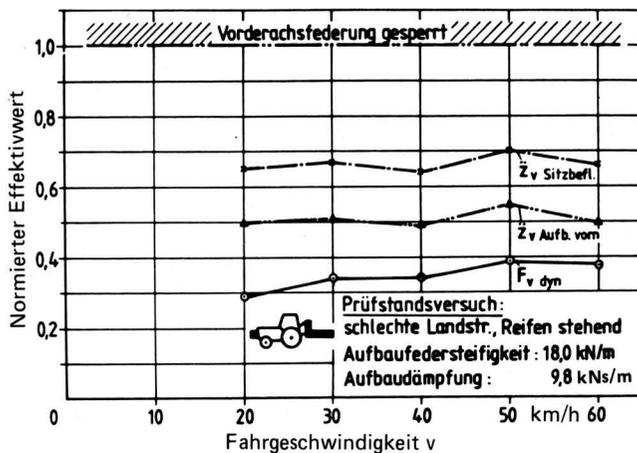


Bild 11. Normierte Effektivwerte (Effektivwerte für den Schlepper mit Vorderachsfederung bezogen auf die entsprechenden Effektivwerte ohne Vorderachsfederung) der Vertikalbeschleunigung am Sitzbefestigungsflansch (\ddot{z}_v Sitzbefl.) und am Vorderteil des Schlepperrumpfes (\ddot{z}_v Aufb. vorn) sowie der dynamischen Kraft auf den Vorderteil des Schleppers ($F_{v \text{ dyn}}$) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit; Fahrt mit schwerem Heckanbau, Federsteifigkeit 18 kN/m .

4. Zusammenfassung

Die bislang bekannten und eingesetzten Konstruktionen zur Verbesserung des Fahrkomforts und der Fahrsicherheit in Form abfederter Sitze, Kabinenfederungen oder in Form von Tilgersystemen beschränken sich jeweils auf die Verbesserung eines nur schmalen Teilbereiches, ohne aber das Schwingungsverhalten des Schleppers grundlegend beeinflussen zu können. Dies wäre nur durch den konsequenten Einsatz von Aufbaufederungen möglich, was allerdings aus einsatzbedingten und wirtschaftlichen Gründen nur bedingt realisierbar scheint.

Zur Zeit stellt der Einsatz von Vorderachsfederungen einen in Aufwand und Wirksamkeit ausgeglichenen Ansatz und Kompromiß zur Verbesserung des Schwingungsverhaltens des Schleppers dar.

Durch den Einsatz heute verfügbarer adaptiver Federungssysteme lassen sich die Grundanforderungen, die sich aus dem landwirtschaftlichen Einsatz ableiten, mit vertretbarem Aufwand abdecken. Anhand einer für einen Standardschlepper ausgeführten Konstruktion konnte die prinzipielle Integrierbarkeit eines solchen Federungskonzepts in derzeitige Schlepperbauarten nachgewiesen werden.

Die experimentellen Untersuchungen zur Fahrdynamik des durch eine Vorderachsfederung modifizierten Schleppers zeigten gegenüber dem ungefederten Ausgangsmodell eine wesentliche Verbesserung der Fahrsicherheit und – bedingt durch die gegenwärtige Sitzposition – eine etwas geringere Verbesserung des Fahrkomforts. Auch in der subjektiven Beurteilung des Fahrindrucks konnte für die gefederte Version eine wesentlich bessere Bewertung verzeichnet werden.

Darüberhinaus beinhaltet die dargestellte Federungskonzeption ein Potential weiterer Optimierung und Entwicklung, z.B. in Form aktiver und semiaktiver Federungen, wie auch eine uneingeschränkte Integrierbarkeit in zukünftige übergeordnete elektronische Regelkreise für den Gesamtschlepper.

Dieser Lösungsansatz einer Vorderachsfederung bietet neben der Optimierung der Fahrdynamik genügend Flexibilität, um auch für die vielfältigen unter realen Einsatzbedingungen auftretenden Anforderungen Verbesserungen erzielen zu können.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Kauß, W. u. H. Göhlich: Aktive Schwingungsisolierung des Fahrerplatzes ungefederter Fahrzeuge. Automobiltechn. Zeitschr.-ATZ Bd. 84 (1982) Nr. 9, S. 425/34.
- [2] Kauß, W. u. H. Weigelt: Die gefederte Traktorkabine – verbesserter Schwingungsschutz und Fahrkomfort. Landtechnik Bd. 35 (1980) Nr. 8/9, S. 396/401.
- [3] Ulrich, A.: Untersuchungen zur Fahrdynamik von Traktoren mit und ohne Anbaugeräte. Diss. TU Berlin 1983.
- [4] ● Blumenthal, R.: Technisches Handbuch Traktoren. Berlin: VEB Verlag Technik, 1960.