

Schnittstellen und Freiräume beim System Ackerschlepper / Gerät

Von Clemens Nienhaus, Lohmar*)

DK 631.372.013

Der Ackerschlepper wird auch in Zukunft die Schlüsselmaschine in der Mechanisierung der modernen Landwirtschaft sein.

Ausgehend von derzeitigen Normen und Schlepperausführungen werden die Schnittstellen des Systems Ackerschlepper/Gerät analysiert. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei dem Geräteantrieb durch die Zapfwelle zu. Die unterschiedlichen Anbau- und Anhängerverfahren und ihr Einfluß auf die Kinematik der Leistungsübertragung durch die Gelenkwelle werden schwerpunktmäßig behandelt.

Für eine problemlose beliebige Kombination verschiedener Schlepper und Geräte wird ein Anforderungskatalog aufgestellt, der weitergehende Normenaktivitäten erforderlich macht.

1. Einleitung

Der Ackerschlepper bleibt trotz selbstfahrender Erntemaschinen die universelle Schlüsselmaschine in der Mechanisierung der Außenwirtschaft. Bei steigender Schlepperleistung werden Arbeitsgänge in hohem Maße kombiniert, Bild 1. Anbauräume und Schnittstellen müssen daher den unterschiedlichen Anforderungen der Geräte bezüglich der Kinematik, der Leistungsübertragung, der Bedienung und auch der Gesetzgebung gerecht werden.



Bild 1. Kopplung von Arbeitsgängen durch die Nutzung von Heck- und Frontanbau.

Als Vortrag gehalten bei der Internationalen Tagung Landtechnik, Braunschweig 7./8. Nov. 1985

*) Dipl.-Ing. C. Nienhaus ist Konstruktionsleiter Traktoren- und Landmaschinen-Komponenten der Fa. Jean Walterscheid GmbH, Lohmar.

Zahl und Ausführung der Schnittstellen sind im Laufe der Entwicklung gewachsen und in Normen verankert. In Bild 2 sind die Schnittstellen eines Ackerschleppers dargestellt. Für die Übertragung der Zugleistung werden vorgesehen:

- Dreipunktanbau
- Anhängerkupplung (Obenanhängung)
- Zughaken (Hitch)
- Zugpendel und
- Ackerschiene.

Für weitere Energieübertragungen dienen:

- Zapfwelle
- Hydraulik- und
- Elektrikanschlüsse.

Für die Steuer- und Regelfunktion ist die Kabine als weitere Schnittstelle zu sehen.

Wahlweise steht der Frontdreipunktanbau in Verbindung mit der Frontzapfwelle und der Frontlader zur Verfügung.

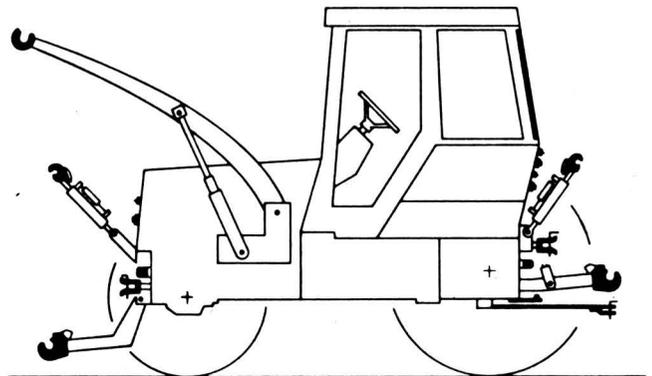


Bild 2. Schnittstellen an einem Ackerschlepper für den Geräteanbau.

2. Bestehende Lösungen und Regelungen

2.1 Übertragung der Zugleistung

Wie die vorstehende Zusammenstellung zeigt, werden zur Übertragung der Zugleistung sehr unterschiedliche Vorrichtungen eingesetzt, die ihren spezifischen Eigenschaften entsprechend für unterschiedliche Einsatzbedingungen besondere Vorteile bieten.

- Der Dreipunktanbau ist in Europa die häufigste Kupplungsart. Das angebaute Gerät benötigt normalerweise kein eigenes Fahrgestell, da es vom Ackerschlepper getragen wird. Die Kinematik des Dreipunktanbaus ist auf den Pflug und seine besonderen Anforderungen ausgelegt und weist keinen Parallelaushub auf. Für die unterschiedlichen Schlepperleistungen stehen drei Kategorien zur Verfügung. Durch die Einführung von Kuppelsystemen ist das Kuppeln im Einmannverfahren vom Schleppersitz aus gegeben. Die Abstände der Koppelpunkte zur Zapfwelle sind nicht nach der Schlepperleistung gestuft.

- Die Obenanhängung ist für den deutschsprachigen Raum typisch. Aufgrund des hohen Marktbestandes an Fahrzeugen mit oberliegender Zugdeichsel wird sich eine Änderung gar nicht oder nur mit sehr langen Übergangsfristen durchführen lassen.
- Der Zughaken bietet aufgrund der niedrigen und kurzen Anhängung erhebliche Vorteile bei der Lasteinleitung und Abstützung. Er wird als starre und auch als bewegliche Ausführung angeboten. Bei der beweglichen Ausführung ist ein Kuppeln vom Fahrersitz aus möglich. Der Aufwand für diese Lösung ist jedoch beträchtlich, und zum Teil treten durch die unterschiedliche Gesetzgebung Schwierigkeiten bei der Verkehrszulassung auf.
- Das Zugpendel bietet mit dem weit nach hinten verlagerten Koppelpunkt eine ausgezeichnete Manövrierfähigkeit. Der Einsatz ist begrenzt auf Arbeitsmaschinen. Für den Transport von Gütern darf es nicht eingesetzt werden.
- Die Ackerschienenanhängung wird bei Neugeräten nur noch wenig eingesetzt und wird daher nicht weiter erläutert.

2.2 Zusammenwirken von Zugvorrichtung und Zapfwelle

Die Zapfwelle dient zur Übertragung der Drehleistung vom Acker Schlepper zum Gerät. Sie wird bei allen vorgenannten Anhängarten eingesetzt. Die Übertragung der Leistung erfolgt mit Gelenkwellen. Die hierbei eingesetzten Kreuzgelenke erfordern für den einwandfreien Betrieb die Beachtung einer bestimmten Gesetzmäßigkeit. Diese muß bei allen Anhängarten berücksichtigt werden.

Der Dreipunktanbau ist auf die Pflugkinematik ausgerichtet und bietet daher nur in einem Punkt der Hubkurve einen Ausgleich der Gelenkwinkel, Bild 3. Die schlepperseitigen Beugungswinkel sind im Normalfall bei angehobenem Gerät größer als die geräteseitigen Beugungswinkel.

Vor allem bei großen drehenden Massen können daher erhebliche Drehschwingungen auftreten, die ein Ausschalten der Zapfwelle erfordern. Mit langen Oberlenkereinstellungen kann man eine gleiche Abwinkelung der Gelenke anstreben. Wegen der geringen Abstände zwischen Zapfwelle und Geräteanschlußwelle können Weitwinkel-Gleichlauf-Gelenke nicht angewendet werden.

Die Überdeckung in den Schiebeprofilen wird bestimmt von der Lage der Zapfwelle des Schleppers und der Anschlußwelle des Gerätes sowie dessen Hubkurve. Die geringste Überdeckung in den Schiebeprofilen liegt bei angehobenem Gerät vor.

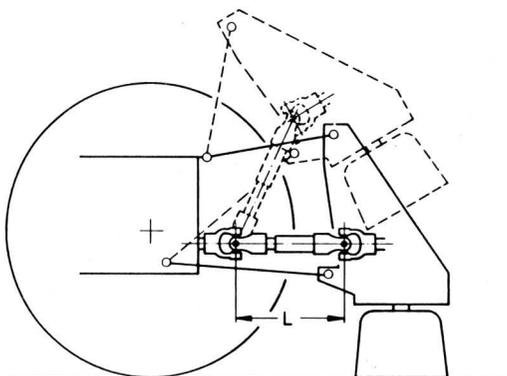


Bild 3. Ausheben eines am Dreipunktanbau gekoppelten zapfwellengetriebenen Gerätes führt zu ungleichen Beugewinkeln der Zapfwellengelenke an Schlepper und Gerät.

Bei der Nutzung der Kurzanhängung durch die Anhängerkuppelung oder den Zughaken, Bild 4, findet bei Kurvenfahrt nur eine Abwinkelung im Bereich des auf der Zapfwelle aufgeschobenen Gelenkes statt. Das geräteseitig angeordnete Gelenk wird nur wenig gebeugt. Die Größe der Beugung wird von der Anordnung der Anschlußwelle bestimmt. Da bei Kurvenfahrt eine einseitige Abwinkelung erfolgt, kann eine gleichförmige Übertragung der Drehbewegung nur mit einem Weitwinkel-Gleichlaufgelenk erreicht werden. Wird das geräteseitige Gelenk mehr als 150° gebeugt, ist der Einsatz eines zweiten Weitwinkel-Gleichlauf-Gelenkes erforderlich. Die Längenänderungen während der Kurvenfahrt sind gering. Bei Auflaufbremsen ist der Teleskopweg des Bremssystems zu berücksichtigen, da sonst die Bremswirkung durch Stauchen der Gelenkwelle aufgehoben werden kann.

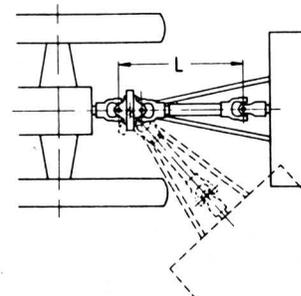
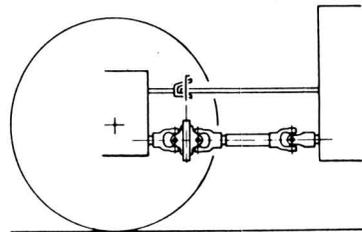


Bild 4. Auslenkung eines an der Kurzanhängung (Zugmaul) gekoppelten zapfwellengetriebenen Anhängegerätes ergibt Beugung fast ausschließlich eines Zapfwellengelenkes.

Beim Zugpendel, Bild 5, erfolgt bei genauer Abstimmung des Systems Schlepper/Gerät eine Aufteilung der Gelenkwinkel, d.h. es liegt dann der Anhängpunkt genau mittig zwischen den Gelenken der Gelenkwelle. Die Höhe der Geräteanschlußwelle ist gleich der Höhe der Schlepperzapfwelle. In allen Betriebsstellungen ist damit ein Gleichlauf gewährleistet. Leider wird diese Abstimmung oft gar nicht oder ungenau durchgeführt, so daß die vom Konstrukteur gewollte Laufruhe der Maschine nicht erreicht wird.

Ist zum Beispiel der Ackerschlepper mit einem Zugpendel von 350 mm Länge und die Maschine mit 500 mm Deichsellänge vom Koppelpunkt bis zur Geräteanschlußwelle ausgestattet, so werden bei Kurvenfahrt die Winkel nicht gleichmäßig aufgeteilt und bei einem Knickwinkel zwischen Schlepper und Gerät von 45° treten bereits Ungleichförmigkeiten von 12,5 % auf, die einer Abwinkelung eines Einzelgelenkes von 20° entsprechen und nicht vertretbar sind.

Häufig werden nun Maschinen abwechselnd mit Schleppern unterschiedlicher Leistung betrieben, so daß eine exakte Abstimmung wegen fehlender Verstellmöglichkeiten nicht vorgenommen werden kann. Oft sind auch den Betreibern die Zusammenhänge nicht klar, und daher unterbleibt eine mögliche Anpassung.

Einige Maschinenhersteller bieten Zugpendelverlängerungen an, so daß dem Anwender eine Anpassung erleichtert wird. Besondere Beachtung muß der Länge der Gelenkwelle gelten. In der Arbeitsstellung weisen die Teleskopelemente die geringste Überdeckung auf. Bei kurzen Zugpendelausführungen kann bei Berücksichtigung

der Mindestüberdeckung eine erhebliche Einschränkung bei der Kurvenfahrt auftreten. Bei enger Kurvenfahrt staucht die Gelenkwelle, und das verursacht Schäden an Gelenkwelle, Schlepper und Gerät. Bei sachgemäßem Einsatz bietet die Zugpendelanhängung die größte Manövrierfähigkeit von Maschinen, vor allem wenn große Zapfwellenleistungen übertragen werden müssen.

Die kinematischen Zusammenhänge sind jedoch allgemein nicht genügend bekannt. Die Verfasser von Bedienungsanleitungen sollten daher diesem Punkt ein besonderes Augenmerk widmen.

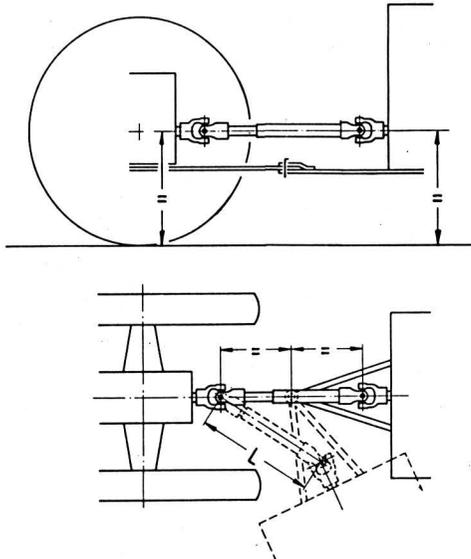


Bild 5. Richtig abgestimmte Anhängung eines zapfwellengetriebenen Gerätes am Zugpendel führt bei Auslenkung zu gleicher Beugung beider Gelenke.

2.3 Zapfwellenprofile

Nach Norm sind unterschiedlichen Drehzahlen und Schlepperleistungen bestimmte Zapfwellenprofile zugeordnet, Bild 6. Für die 540er Zapfwelle (540 min^{-1}) ist das Profil $1 \frac{3}{8}$ " 6teilig bis zu einer Leistung von 48 kW, für die 1000er Zapfwelle das Profil $1 \frac{3}{8}$ " 21teilig bis zur Leistung 92 kW, und darüber hinaus $1 \frac{3}{4}$ " 20teilig bis 185 kW vorgesehen.

Schlepper oberhalb einer Leistung von 48 kW werden lt. Norm nur mit der 1000er Zapfwelle ausgestattet.

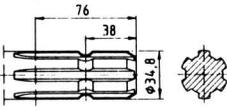
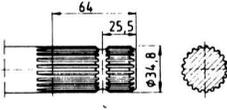
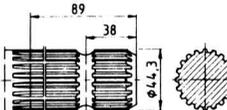
Kat. Cat.	Leistung Power	Drehzahl Speed	Zapfwellenprofile PTO profiles
1	< 48kW	540 min^{-1}	$1 \frac{3}{8}$ " 6-teilig 6-splines 
2	< 92kW	1000 min^{-1}	$1 \frac{3}{8}$ " 21-teilig 21-splines 
3	< 185kW	1000 min^{-1}	$1 \frac{3}{4}$ " 20-teilig 20-splines 

Bild 6. Zuordnung der Zapfwellenprofile und -maße zu verschiedenen Schlepperleistungsklassen und Drehzahlen.

In Europa hat man sich in diesem Punkt nicht normgetreu verhalten, da schon in den 60er Jahren in der Drehzahl umschaltbare Zapfwellen mit dem Profil $1 \frac{3}{8}$ " 6teilig in den Markt eingeführt wurden. Die ausgeführten Schlepper zeigen, daß bis etwa 110 kW diese Zapfwelle eingesetzt werden kann.

Für den Verwender bietet die gleiche Zapfwellenform für kleine und große Schlepper unabhängig von der Zapfwellendrehzahl erhebliche Vorteile. Ein abwechselnder Einsatz von Geräten mit verschiedenen Schleppern ist so ohne ständigen Wechsel der Gelenkwellen möglich. Ebenfalls ist den Konstrukteuren von Ackerschleppern hiermit die Möglichkeit gegeben, weitere Zapfwellendrehzahlen vorzusehen.

Die beliebige Kopplung verschiedener Ackerschlepper und Geräte wird aber auch erheblich durch die unterschiedlichen Abstände zwischen Zapfwelle und Gerätekoppelebene behindert. Eine Erhebung aller auf der DLG 1980 ausgestellten Schlepper zeigte Abstände zwischen 400 und 850 mm, Bild 7. Leider weisen Schlepper gleicher Leistungsklasse auch diese Bandbreite auf.

Welche Schwierigkeiten beim Betreiben dieser Schlepper mit den verschiedenen Geräten auf einem Hof oder auch in einer Maschinengemeinschaft auftreten, kann man nur allzuleicht voraussehen.

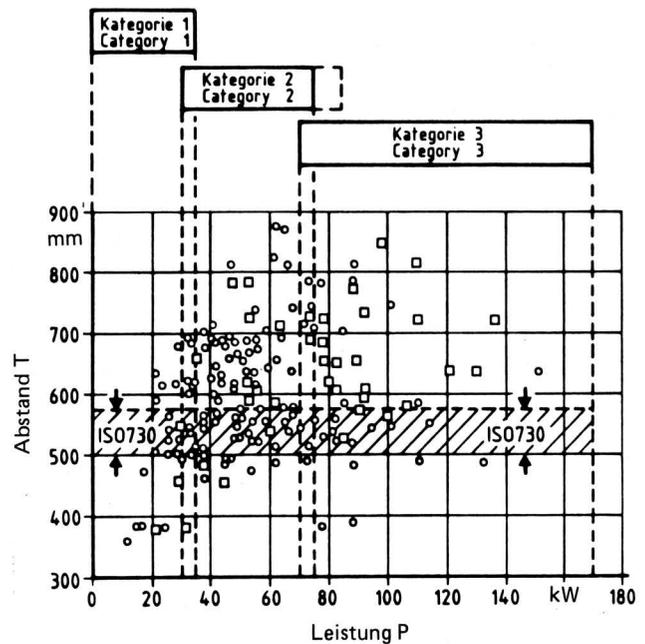
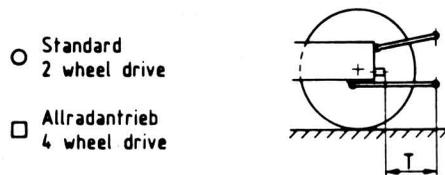


Bild 7. Abstand zwischen Zapfwellenende und Unterlenkerkoppelungspunkt in Abhängigkeit von der Schlepperleistung.

Die beliebige Kopplung verschiedener Schlepper und Geräte ist nur mit einheitlichen Zapfwellenprofilen und einheitlichen Abständen zwischen den Koppelungen gewährleistet.

Erleichterungen oder eine Automatisierung der Kuppelvorgänge von Schlepper und Gerät, Bild 8, werden durch Nichteinhaltung von Normen bzw. zu später Normenanpassung wesentlich behindert. Die Einführung eines automatischen Gelenkwellen-Schnellkupplers wird besonders durch die unterschiedlichen Abstände zwischen Zapfwelle und Geräteanschlußzapfen erschwert.

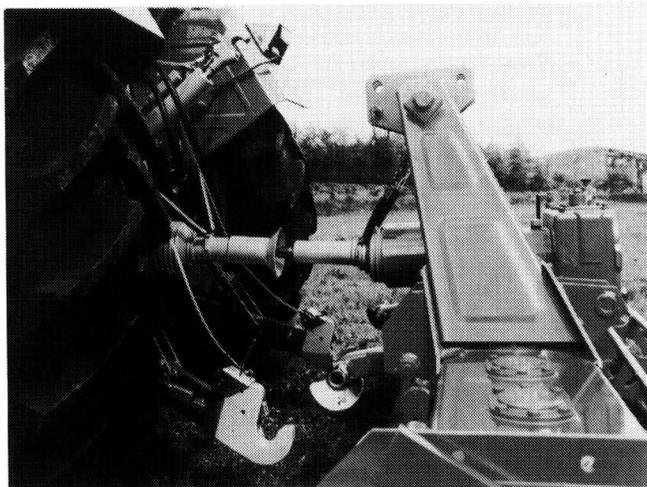


Bild 8. Schlepper und Gerät mit Vorrichtungen zum automatischen Kuppeln von Gelenkwelle und Dreipunktanbau.

2.4 Freiräume

Ebenso wichtig wie einheitliche Maße der Zapfwellen sind ausreichende Freiräume zwischen Schlepper und Gerät. Freiräume sind erforderlich, um eine einwandfreie Bewegung von Übertragungselementen zu ermöglichen und Geräte und deren Stellglieder sicher handhaben zu können.

Der Freiraum um die Zapfwelle ist unabhängig von der Leistung genormt. Dieser einheitliche Freiraum, **Bild 9**, ist durch die gestiegenen Schlepperleistungen nicht mehr auf die Erfordernisse der Praxis abgestimmt. Die in der Norm ISO 500 festgelegten Maße begrenzen den Handhabungsraum und die Bewegung der Gelenkwelle so stark, daß die volle Übertragung der Zapfwellenleistung bei ordnungsgemäßem Schutz des Antriebs nicht in allen geforderten Betriebsstellungen gewährleistet ist.

Die Überarbeitung der Normen für den Bereich des Schlepperhecks ist daher mit höchster Priorität voranzutreiben. Die Bearbeitungszeiten in den Normungsgremien und die erforderlichen Übergangszeiten lassen aber eine schnelle Änderung dieser im Grunde nicht vertretbaren Situation nicht erwarten.

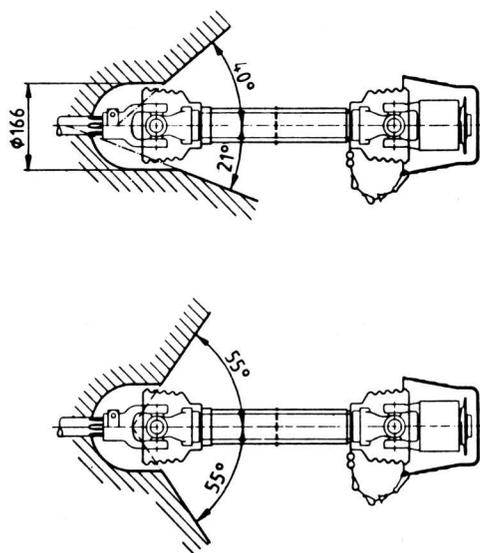


Bild 9. Freiräume um den Zapfwellenstummel nach ISO 500.

2.5 Koppelstellen für Hydraulik und Elektrik

Die hydraulische Leistungsübertragung zwischen Ackerschlepper und Gerät wird vorwiegend zur Durchführung von Linearbewegungen und für Steuer- und Regelfunktionen eingesetzt. Hydraulik-Steckdosen, **Bild 10**, werden hierzu in unterschiedlicher Anzahl und Anordnung verwendet. Weitere Funktionen, wie hydraulische Oberlenker und hydraulische Hubstreben, erfordern zusätzliche Kreisläufe. Das An- und Abkuppeln der Hydraulikschläuche wird vielfach durch die Anordnung der Steckdosen und deren Zugänglichkeit erschwert. Die Mischung nicht verträglicher Hydrauliköle, die Verunreinigung und die Leckölverluste seien hier als weitere Probleme nur am Rande erwähnt.

Auch hier sollte ein einheitliches System platzgreifen.

Überwachungs-, Steuer- und Regelfunktionen werden künftig sicherlich in verstärktem Maße elektronisch durchgeführt. Hierzu ist eine geeignete elektrische Verbindung zwischen Schlepper und Gerät erforderlich. Eine rechtzeitige Normung von Schnittstellen dieser Leitungen kann einen Wildwuchs der möglichen Varianten verhindern.

Die Bedienung von Geräten, ob mechanisch, hydraulisch oder elektronisch, ist heute nahezu ausschließlich durch das geöffnete Kabinfenster möglich. Geeignete Öffnungen oder andere Schnittstellen für die Bedienung von Geräten sind bislang nicht vorhanden oder nicht universell genug ausgeführt.

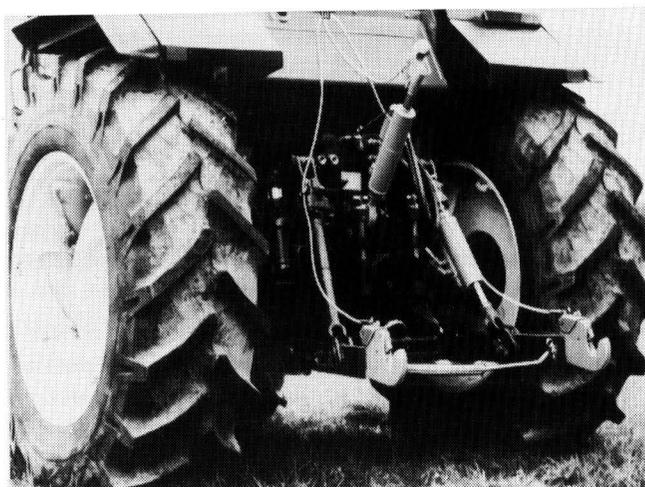


Bild 10. Hydraulikanschlüsse am Schlepper für Steuer- und Stellfunktionen und hydraulische Versorgung von Geräten.

3. Anforderungen an Schnittstellen

Die Erfahrungen in der Praxis und die Analyse der heute gegebenen Verhältnisse führen auf den folgenden Katalog von Anforderungen für die Gestaltung von Schnittstellen zwischen Schlepper und Gerät:

1. Dreipunktanbau
 - unter Last verstellbarer Oberlenker
 - verbesserte und universelle Seitenstabilisierung
 - hydraulische Hubstrebe
 - einheitlicher Abstand von Zapfwelle bis Koppelebene
 - ergänzend Parallelaushub für zapfwellengetriebene Geräte
2. Anhängervorrichtung
 - einheitlich nur Zughaken
 - einheitliche Zuggendellänge von 510 mm, unabhängig von der Schlepperleistung

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.