

Triebachswagen in der Praxis

Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft, Frankfurt (Main)

Heute werden Triebachsen teils auf Wunsch, teils aber auch schon serienmäßig in Einachswagen, Miststreuer und dergleichen eingebaut, verschiedentlich auch als Vorderachsen in vierrädrige Transportwagen sowie in Erntemaschinen und Baufahrzeuge. Die meisten Ausführungen, besonders diejenigen für mittlere und schwere Lasten, enthalten ein Ausgleichsgetriebe und ähneln dadurch im Prinzip den üblichen Antriebsachsen von Schleppern und Lastwagen.

Die in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzten Triebachsen, welche in diesem Aufsatz behandelt werden, sind für Tragkräfte von 1—5 Tonnen gebaut und werden mit Bereifungen von 6.00—16 bis 12.00—18 (etwa 700—1000 mm Durchmesser) ausgerüstet. Sie werden in den meisten Fällen bei Geschwindigkeiten zwischen 2,5 und 3,7 km/h von der Getriebezapfwelle des Schleppers mit 540 U/min angetrieben. Wie man sich aus diesen Angaben leicht ausrechnen kann, sind deshalb Übersetzungen ins Langsame zwischen 1:20 und 1:35 notwendig, die an den meisten Bauarten in zwei bis drei Stufen bewältigt werden. Die erste Stufe wird im allgemeinen als Anpassungsgetriebe mit austauschbaren Zahnradern oder komplett auswechselbarem Kettenvorgelege ausgebildet (Bild 1). Meist stellt das Ausgleichsgetriebe die zweite Übersetzungsstufe dar. Die dritte Stufe, falls nötig, wird öfter als Portalvorgelege ausgeführt, wodurch man außerdem die Bodfreiheit der Achse erhöht.

Neuerdings wird eine „Triebachse“ angeboten, bei der nur ein Rad angetrieben wird, und die anstelle eines der üblichen Anpassungsgetriebe ein stufenlos einstellbares Keilriemenvorgelege besitzt. Dazu soll gleich gesagt werden, daß der Antrieb nur eines Rades an einem Einachsanhänger zwar in den meisten Fällen zum Bewältigen schwieriger Stellen ausreichen wird, in besonders kritischen Situationen jedoch versagen kann.

Alle Triebachskonstruktionen, die nicht ausschließlich für Arbeiten mit der Wegzapfwelle eines bestimmten Schlepperfabrikates entwickelt wurden, haben als besonderes Kennzeichen einen Freilauf, welcher die Triebachse in den höheren Schleppergängen selbsttätig außer Funktion setzt.

Praxiserfahrungen über Fahrverhalten und Nacheilung

Auf Grund der verschiedenartigen Meinungen in der Literatur [1—5] zum Thema „Fahrmechanik“, insbesondere Kurvenfahrt, und auf Grund von Gerüchten über Fahrbehinderungen und Unfälle durch Triebachswagen ließ das Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft (KTL) 72 Besitzer von Triebachswagen befragen und Nacheilungen sowie andere interessierende Größen messen.

Es stellte sich heraus, daß die in der Literatur oft genannten Fahrbehinderungen „Schalthebel-Klemmen als Folge einer zu kleinen

Nacheilung“ und „Aufbäumen als Folge einer zu großen Nacheilung“ nur in je einem Falle aufgetreten waren. Sie waren aber hinsichtlich ihrer Wirkung belanglos. Die Nacheilung des Triebachswagens betrug im ersten Falle — 1% (kleine „Voreilung“), im zweiten Falle etwa 25%, was auf falscher Anpassung beruhte. Einen Seitwärtsschub des Triebachswagens auf den Schlepper hatte jedoch fast die Hälfte aller Befragten bemerkt. In zwei Fällen hatte er zum Anheben des kurveninneren Schlepper-Hinterades geführt, in einem Falle sogar zum Umkippen des Schleppers. Diese drei Vorgänge hatten sich am Hang abgespielt und waren durch Triebachswagen ausgelöst worden, die Nacheilungen zwischen 0 und 3% im Leerzustand besaßen, nicht mit Radpuffern ausgerüstet und 50—70 cm hoch aufgesattelt waren.

Bei den angetroffenen 28 Triebachswagen, die mit Radpuffern zur Deichseleinschlagsbegrenzung ausgerüstet und teilweise nur 40—50 cm hoch aufgesattelt waren, hatten sich trotz Nacheilungen von nur 0—5% solche Vorfälle nicht ereignet.

Nacheilungen zwischen 5 und 15% fanden sich an drei Triebachswagen, die keine Radpuffer hatten, 50—70 cm hoch aufgesattelt waren und hauptsächlich für tägliche Milchtransporte zusammen mit einem Plattformwagen ohne Triebachse verwendet wurden. Sie stellten ihre Besitzer zufrieden. Der den Nacheilungen entsprechende Schlupf der Schleppertriebäder war mit dem Auge kaum festzustellen. Zwei dieser Triebachswagen — die durchweg einen Freilauf besaßen — wurden von der Wegzapfwelle des Schleppers angetrieben.

Die meisten gemessenen Nacheilungen betrug jedoch 0—5%, auch bei fast allen Miststreuern mit Triebachse und nicht sperrbarem Freilauf. Aus den Informationen zweier Triebachsen-Hersteller ging hervor, daß sie die Nacheilung für halbe maximale Nutzlast des Triebachswagens und für die vorgeschriebenen Luftdrücke an Schlepperreifen (Stufe 1,0 atü) und Triebachsenreifen bemessen. Zur Ermittlung der wirksamen Reifenhalmmesser stehen ihnen die Reifenkennlinien (wirksamer Halmmesser in Abhängigkeit von der statischen Belastung) zur Verfügung.

Eine hiermit vorgeschlagene „Grundform der Triebachse“ mit einer einzustellenden Nacheilung von $10 \pm 5\%$ [6], einem Freilauf, einer Deichseleinschlagsbegrenzung auf 50 bis 60 Grad¹⁾ und einer möglichst tiefen Anhängung könnte den Anforderungen am ehesten gerecht werden, die im landwirtschaftlichen Betrieb vorkommen (Schlamm, schmierige Oberfläche, Glatteis, Bergauffahrt).

Durch die Nacheilung zwischen 5 und 15% in Verbindung mit dem Freilauf wäre eine schonende Behandlung von Schlepperreifen, Boden und Grasnarbe gewährleistet. Die Transportleistung würde dadurch nicht benachteiligt werden. Die Gefahr, daß der Schlepper aufbäumt, besteht nicht, und der Gefahr des Seitwärtsrutschens beziehungsweise des Umkippen wäre zumindest „die Spitze abgebrochen“. Da die Deichseleinschlagsbegrenzung und unter Umständen eine tiefe Aufsattelung hinzukommt, dürfte die Kippgefahr gebannt sein.

Viele heutige Schleppertypen besitzen eine Anhängerkupplung, welche bis unter die Zapfwelle verschiebbar ist. Radpuffer oder andere Mittel zur Begrenzung des Deichseleinschlages auf 50—60° sind an Triebachswagen hinter Einachsschleppern überall anzutreffen. Hinter zweiachsigen Schleppern sind sie noch nicht in dem gewünschten Maß zu finden, obwohl es nachahmenswerte Beispiele gibt (Bild 2).

Die serienmäßige Anbringung solcher Puffer an der Deichsel eines Wagens würde keine Schwierigkeiten bereiten, da einmal das Maß k (Bild 3) bei den infragekommenden Schleppertypen innerhalb eines kleinen Bereiches bleibt (0—200 mm), und außerdem nur die Spurweiten 1250 und 1500 mm zu berücksichtigen wären.

¹⁾ Ein Deichseleinschlagswinkel von 60° entspricht einem Wendekreis-Durchmesser von ungefähr 8 m am kurvenäußeren Schlepper-Vorderrad bei folgenden, in der Praxis am häufigsten vorkommenden Abmessungen von Schlepper und Triebachswagen: Schlepperspur 1,25 m; Schlepper-Radstand 1,8 m; Abstand der Anhängerkupplung von der Schlepper-Hinterachse 0,6 m; Deichsellänge des Triebachswagens 3,0 m. Um einen vollständigen Gleitlauf zu erzielen, müßte eine kinematische Nacheilung von fast 40% vorhanden sein [6].

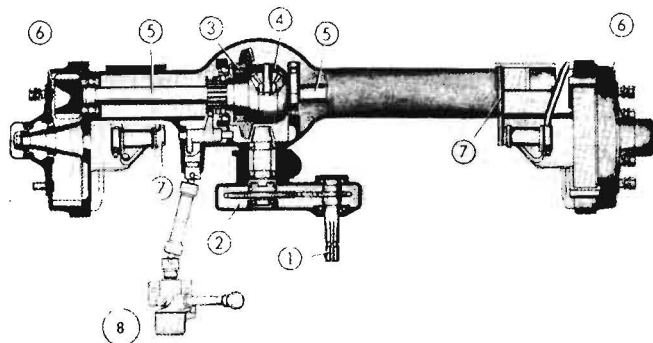


Bild 1: Schnittbild einer Triebachse für landwirtschaftliche Verwendungszwecke

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1 = Antriebswelle | 5 = Steckachse |
| 2 = austauschbares Kettenvorgelege | 6 = Radflansch |
| 3 = Freilauf | 7 = Bremshebel |
| 4 = Ausgleichsgetriebe | 8 = Freilauf-Sperrschaltung |

Die Puffer müßten nur breit genug gemacht werden und in zwei bis drei verschiedene Stellungen gebracht werden können.

Das Anpassen der Triebachs-Übersetzung an den Schlepper

In der Praxis hat sich heute folgender Vorgang eingespielt: Bestellt man eine Triebachse oder einen Triebachswagen, so müssen dem Hersteller folgende Daten des Schleppers mitgeteilt werden: Fabrikat, Type, Baujahr, Fahrgestellnummer, Hinterradbereifung, Antriebsart der Zapfwelle (Getriebe-, Motor- oder Wegzapfwelle). Aus diesen Daten ermittelt der Triebachshersteller eine bestimmte Übersetzung für die Triebachse einschließlich der Nacheilung, welche heutzutage meistens innerhalb des engen Bereiches zwischen 0 und 5% liegt. Das hat zum Beispiel dazu geführt, daß ein Hersteller 22 Wechselräder mit 85 Variationsmöglichkeiten ständig für eine einzige Triebachstypen auf Lager halten muß!

Der von COENENBERG [6] vorgeschlagene größere Streubereich für die Nacheilung (5—15%) würde es den Triebachsherstellern ermöglichen, mit nur noch sieben Anpassungs-Übersetzungen für eine Triebachstypen auszukommen, wenn der Antrieb durch die am meisten verbreitete Getriebe- beziehungsweise Motorzapfwelle (540 U/min) vorausgesetzt wird. Mit diesen sieben Übersetzungen würde der ganze infragekommende Schleppergang-Bereich, nämlich 2,4—4,6 km/h, „abgedeckt“ werden. Er läßt sich nämlich in sieben Teilbereiche aufgliedern, deren obere Grenze jeweils um die Größe der Streuung — 10% — höher liegt als die untere (Tafel 1).

Soll die Triebachse von der Wegzapfwelle, deren Übersetzung zur Schlepper-Hinterachse konstant ist, angetrieben werden, so stellt sich nur bei wenigen Schleppertypen die vorausgesetzte Zapfwelldrehzahl von 540 U/min ein. Bei den meisten tritt diese Drehzahl für die Wegzapfwelle erst innerhalb der zwei nächsthöheren Geschwindigkeitsbereiche (Tafel 1, VIII und XI) auf, so daß man für diese Fälle mit zwei weiteren Anpassungsvorgelegen je Triebachstypen rechnen muß.

Umgekehrt kann man auch sagen, daß es durch das Vorhandensein dieser zusätzlichen Anpassungsvorgelege möglich ist, eine Triebachstypen auch mit der Getriebezapfwelle noch bei Schleppergeschwindigkeiten von 4,65 bis 5,60 km/h mit einer Zapfwelldrehzahl von 540 U/min anzutreiben. Das kommt jedoch nur für Schlepper mit hoher Motorleistung und gleichzeitig geringem Gewicht in Frage.

Nur zwei oder drei Anpassungsvorgelege je Triebachstypen brauchen solche Händler vorrätig zu halten, welche nur ein Schlepperfabrikat mit wenigen Leistungsklassen führen. Diese weisen nämlich selten unterschiedliche Geschwindigkeiten in demjenigen

Tafel 1: Geschwindigkeitsbereiche der Schlepper und zugehörige Triebachsgeschwindigkeiten bei einer Nacheilung von 5—15% und einer Zapfwelldrehzahl von 540 U/min

Stufe	Geschwindigkeitsbereich des Schleppers (km/h)	Zugehörige Geschwindigkeit der Triebachse (km/h)
I	2,40—2,65	2,30
II	2,65—2,90	2,50
III	2,90—3,20	2,75
IV	3,20—3,50	3,00
V	3,50—3,85	3,30
VI	3,85—4,25	3,65
VII	4,25—4,65	4,00
VIII	4,65—5,10	4,40
IX	5,10—5,60	4,90

Gang auf, der für die Triebachse in Frage kommt. Damit könnte die Spezialbestellung beim Triebachshersteller fortfallen. Die Auswahl des passenden Vorgeleges würde an Ort und Stelle vorgenommen werden, wobei die Richtigkeit der eingestellten Übersetzung durch einen Fahrversuch nachgeprüft werden könnte²⁾.

²⁾ Beispiel für einen Fahrversuch zur Feststellung der Nacheilung: Auf fester und waagerechter Fahrbahn wird der Schlepper, wie zum Vorhängen, vor den Triebachswagen gefahren, die Gelenkwelle angeschlossen, aber die Zugöse nicht in der Anhängerkupplung befestigt. Ein einachsiger Wagen muß deshalb auf dem Stützrad stehen bleiben. Nun mißt man den Abstand zwischen dem Kupplungsbolzen des Schleppers und der Deichsel des Wagens, läßt Schlepper und angetriebenen Wagen etwa 5 m langsam geradeaus fahren und mißt den Abstand wieder. Hat sich dieser beispielsweise nach einer Fahrstrecke von 5 m um 50 cm vergrößert, so ist eine Nacheilung von 10% eingestellt.

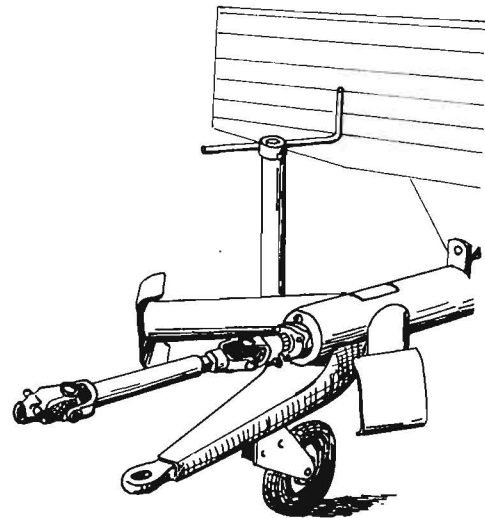


Bild 2: Radpuffer und tiefe Aufsattelung eines Triebachswagens, kurze und stabil gelagerte Gelenkwelle

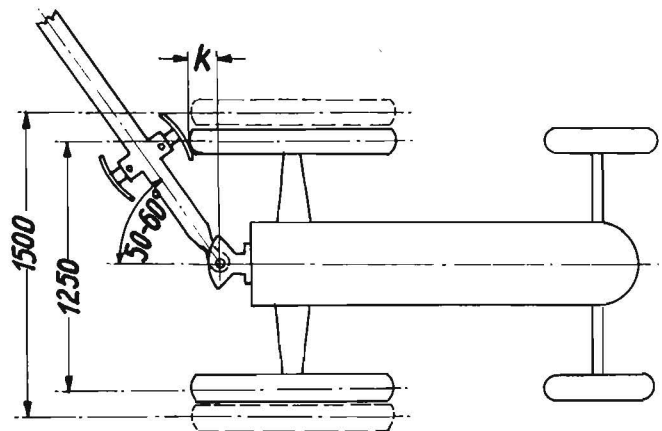


Bild 3: Die für Radpuffer wichtigen Schloppermaße

Übrigens ist der Gedanke zunächst bestechend, dieselbe Triebachse mit Freilauf an demselben Schlepper wahlweise durch die Wegzapfwelle (z. B. für Transporte in mehreren Gängen) oder die Getriebezapfwelle (für Arbeiten mit Zusatzaggregaten konstanter Drehzahl, z. B. Miststreuer) anzutreiben, ohne die Übersetzung ändern zu müssen. Die Verwirklichung dieses Gedankens bei einer Schlepperneukonstruktion bedingt aber, daß in demselben Gang, in dem die Triebachse durch die Getriebezapfwelle angetrieben wird, die Wegzapfwelle deren Drehzahl aufweist (540 U/min bei Motornendrehzahl). Der besagte Gang müßte jedoch bei mindestens 3,5 km/h liegen, damit man mit der Wegzapfwelle lohnend, das heißt, wenigstens bis 8 km/h, arbeiten kann. Diese obere Grenze wird durch die meist maximal mögliche Drehzahl der Gelenkwelle von etwa 1200 U/min gesetzt. Andererseits könnte man dann mit Triebachswagen und einer Erntemaschine zusammen nicht langsamer als mit 3,5 km/h arbeiten (bei voller Motordrehzahl).

Für und wider die Wegzapfwelle

Im Gegensatz zur („gangunabhängigen“) Getriebe- beziehungsweise Motorzapfwelle mit gleichbleibender Nennndrehzahl (540 U/min bei Motornendrehzahl) in allen Schleppergängen ändert die Wegzapfwelle ihre Drehzahl mit dem Schleppergang, und sie ändert ihre Drehrichtung, wenn der Schlepper rückwärts fährt. Das Gleichbleibende an ihr ist das Übersetzungsverhältnis zur Schlepper-Hinterachse, was sich darin äußert, daß ihre Umdrehungszahl je Meter Fahrstrecke in allen Geschwindigkeiten gleichbleibt (kein Schlupf angenommen). Dieses Verhältnis wird Wegdrehzahl genannt.

In der Praxis gestattete die Wegzapfwelle den Antrieb der Triebachse in allen Vor- und Rückwärtsgängen bis zu einer mit Rücksicht auf die „schlagende“ Gelenkwelle bestimmten Höchstdrehzahl von meist etwa 1200 U/min (während die Getriebezapfwelle in nur einem Vorwärtsgang und — mit Hilfe eines Wendegetriebes — in nur einem Rückwärtsgang antreiben kann).

Einen Nachteil brachte der Wegzapfwellenantrieb dann mit sich, wenn gleichzeitig mit der Triebachse eine Arbeitsmaschine, zum Beispiel eine Miststreu-Einrichtung oder eine Erntemaschine, angetrieben werden sollte, welche eine in allen Gängen gleichbleibende Betriebsdrehzahl von etwa 540 U/min verlangte. Man durfte dann nur in demjenigen Gang arbeiten, bei welchem zum Beispiel der Miststreuer richtig warf oder das Sieborgan der Erntemaschine richtig absiebte, wobei dann in einigen Fällen die Fahrgeschwindigkeit zu hoch war (Tafel 2). Deshalb wurde ab und zu eine zweite Gelenkwelle für den Antrieb der Arbeitsmaschine verwendet, welche an die bei dem betreffenden Schlepper getrennt vorhandene Getriebezapfwelle angeschlossen wurde. In der Regel benützte man jedoch für den gleichzeitigen Antrieb von Triebachse und Erntemaschine wegen der seltenen Bedarfsfälle die Getriebezapfwelle. Man legte also den größeren Wert auf die Güte der Arbeit und nicht auf die hohe Fahrgeschwindigkeit.

Laut Praxisbefragung des KTL sahen die 33 Besitzer von Triebachsen bei der Wegzapfwelle den Vorteil dieses Antriebes hauptsächlich in der schnelleren Bewältigung von Transporten in allen Fällen, in denen die Umstände die Triebachse verlangten, und die Motorleistung ein schnelleres Fahren erlaubte. Solche Umstände waren zumeist: Schmierige Oberfläche, Geröll, Schneeglätte oder Glatteis. Je nach Schlepperleistung konnten dann mit voller Wagennutzlast noch Steigungen von 5—10% befahren werden, bei Teillast sogar noch größere. In einem Fall konnte mit einem 22 PS-Schlepper und zwei Tonnen Nutzlast über der Triebachse eine stark verschmierte Straße von 8% Steigung noch im 4. Gang (knapp 10 km/h) befahren werden. Mit der Getriebezapfwelle wäre die Strecke nur im ersten Gang zu befahren gewesen. Die Glaubhaftigkeit der Angaben ließ sich durch Nachrechnung bestätigen. 33 der 39 befragten Besitzer von an die Getriebezapfwelle angeschlossenen Triebachsen verspürten dagegen keinen Nachteil dadurch, daß sie mit der Triebachse nur in einem Vorwärtsgang fahren konnten: Sie waren zufrieden, wenn sie wenigstens in einem Gang weiterkamen, wo sie ohne Triebachse steckengeblieben wären. Den Zeitverlust durch langsames Fahren hielten sie für unerheblich, weil die Triebachse fast immer nur auf kurzen Strecken wirklich gebraucht werde.

Die restlichen sechs Besitzer versprachen sich allerdings Vorteile davon, wenn sie später einmal einen Schlepper mit Wegzapfwelle kaufen würden, teilweise deswegen, weil dort die Triebachse auf längeren Strecken benötigt wurde, die noch das Fahren im 2. oder 3. Gang zuließen (z. B. Holzabfuhr bei Schneeglätte und Glatteis im Bergland).

Über 10 km/h wurden die Triebachsen in der Praxis aber grundsätzlich nicht mehr gebraucht, weil dabei die von der Motorleistung aufzubringenden Zugkräfte unter allen Umständen vom Schlepper allein auf die Fahrbahn übertragen werden konnten. Bei denjenigen wegzapfwellegetriebenen Achsen, die keinen Freilauf und keine Abschaltvorrichtung besaßen, wurde als störend empfunden, daß die auch bei abgeschalteter Zapfwelle mitlaufende Gelenkwelle ab 8—10 km/h „schlug“ und einen ziemlichen Lärm verursachte, insbesondere in Kurven. (Die betreffenden Gelenkwellen-Drehzahlen wurden auf etwa 1200 U/min ermittelt.) Es war daher erforderlich, sie vor schnellem Fahren abzunehmen (Tafel 2).

An der vorgeschlagenen Grundform der Triebachse mit grundsätzlich eingebautem Freilauf würde es stattdessen genügen, die Schlepper-Zapfwelle abzuschalten, um die Gelenkwelle stillzulegen. Damit könnte sie auch während Fahrten über 10 km/h zwischen Schlepper und Triebachse verbleiben. Bei Schleppern mit einer Wegdrehzahl von 10 U/Meter könnte die Wegzapfwelle noch bis zu etwa 7 km/h Geschwindigkeit, bei 6 U/Meter bis zu 12 km/h eingeschaltet bleiben, sofern die Gelenkwelle verhältnismäßig kurz

ist und schlagfrei läuft. Eine Sperre, die das Einschalten der Wegzapfwelle in den darüberliegenden Gängen verhindert, ist ratsam, bisher aber wohl noch nirgends ausgeführt worden. Wegdrehzahlen unter 6 U/Meter sind ungünstig, weil dann von der Gelenkwelle zu starke Drehmomente übertragen werden müßten.

Bremmung der Triebachswagen

Wenn mit Triebachswagen in gebirgigen Gegenden Steigungen befahren werden, die sich mit einfachen Ackerwagen nicht mehr bewältigen lassen, entsteht dadurch die Gefahr, daß bergabwärts ein vollbeladener und schlecht gebremster Triebachswagen einen gut gebremsten Schlepper einfach wegschiebt. Das bedeutet also, daß auf steilen oder schmierigen Gefällestrrecken, die sich bergauf ohne Triebachse nicht bewältigen lassen, auch bergab mit Triebachse — und zwar nunmehr mit bremsender — gefahren werden sollte. Wo überdies entsprechende Dauerbremsungen vorkommen können, wäre es eine Fahrlässigkeit, sich ständig nur auf die Reibungsbremsen allein verlassen zu wollen (vgl. auch Motorbremsung bei Lastkraftwagen!).

Was versteht man unter „Motorbremsung“ der Triebachse? Bei Bergabfahrt treibt — umgekehrt wie sonst — die Triebachse den gedrosselten Schleppermotor an. Ein vorhandener Freilauf ist zu diesem Zweck zu sperren. Die hohe Verdichtung des Dieselmotors erzielt dann in einem Fahrgang, der niedrig genug ist, meist eine solche Gegenwirkung, daß seine Drehzahl und damit die Fahrgeschwindigkeit sich nicht mehr beschleunigt. Außerdem kann die Schlepperfußbremse zusätzlich betätigt werden. Die Freilaufsperre beziehungsweise das Fehlen eines Freilaufes bewirkt dann, daß auch der Triebachswagen zusätzlich mit den Bremsen des Schleppers gebremst werden kann. Umgekehrt könnte man auch die Anhängerbremse auf die Schleppertriebäder wirken lassen.

Auf diese Weise wurden viele in der Praxis angetroffene Triebachswagen mit Wegzapfwellenantrieb gebremst. Es handelte sich fast nur um reine Transportwagen ohne Freilauf. Von den in der KTL-Umfrage angetroffenen 39 Triebachswagen mit Getriebezapfwellen-Antrieb wurde dagegen nur einer auf diese Weise gebremst. In zwei Fällen war eine Seilzugbetätigung der Wagenbremse vom Schlepper aus vorhanden. Alle anderen Wagen besaßen lediglich die übliche Handbremse auf der Deichsel. Es handelte sich in der Hauptachse um Miststreuer mit Triebachse, die zum großen Teil im Mittelgebirge eingesetzt waren.

Die für den rein landwirtschaftlichen Betrieb vorgeschlagene Grundform der Triebachse (Nacheilung $10 \pm 5\%$, Freilauf, Deichseleinschlagsbegrenzung, tiefe Aufsattelmöglichkeit) würde im Flachland und leicht welligen Hügelland im allgemeinen mit einer hinreichend bemessenen Bremse und deren Betätigung durch Handbremshebel auf der Deichsel, oder besser am Schlepper im günstigen Griffbereich des Fahrers, auskommen.

Unter allen Bedingungen aber, bei denen der Triebachswagen nicht nur zum „Durchkommen“ auf dem Acker, sondern auch als Transportmittel im ausgeprägteren Hügelland oder im Gebirge verwendet wird, sollte auf die Freilaufsperre und deren Einschalten im Gefälle nicht verzichtet werden. Hierbei muß die durch nur geringe und einmalige Mehrkosten erzielbare Erhöhung der Fahrsicherheit wichtiger sein als der in Kauf zu nehmende Zeitverlust von höchstens einigen Minuten, der durch das Einschalten der Sperre und das eventuelle Fahren im langsamen Gang eintreten kann.

Es bestehen natürlich keine Bedenken dagegen, daß Hersteller ihre Triebachsen für reine Transportwagen mit einer geringeren Nacheilung ausstatten, wenn sie häufig und lange auf festen Straßen und Wegen im Gebirge laufen sollen, weil befürchtet wird, daß bei der Motorbremsung der Triebachse und einer Nacheilung von

Tafel 2: Daten vorgefundener Wegzapfwellen

Schleppertypen:	A	B	C	D	
Wegdrehzahl:	5,8	8,2	9,5	11,5	U/Meter
Bei einer Fahrgeschwindigkeit von	2,9	2,7	2,7	3,0	km/h
im 1. Straßengang entsteht eine Zapfwelldrehzahl von	280	370	430	590	U/min
Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h entsteht eine Zapfwelldrehzahl von	970	1370	1580	1920	U/min

mehr als 5% zu große Triebwerksverspannungen und damit Schäden an Triebachse oder Schleppergetriebe entstehen könnten. Dann aber müssen wegen der erhöhten Gefahr in Kurven unbedingt Radpuffer und tiefe Aufsattelung vorhanden sein.

Rückwärtsfahrt mit eingeschalteter Triebachse

Für die wenigen wirklichen Bedarfsfälle muß die Triebachse zum Rückwärtstreiben ein Wendegetriebe bekommen, wenn sie von der Getriebezapfwelle angetrieben wird. Diese Zapfwellenart ändert bekanntlich beim Übergang von Vor- auf Rückwärtsfahrt ihre Drehrichtung nicht. Wenn der Freilauf konstruktiv so angeordnet ist, daß das Wendegetriebe zwischen Freilauf und Ausgleichsgetriebe einzubauen ist, kann der Freilauf seine Drehrichtung beibehalten und braucht für die Rückwärtsfahrt nicht gesperrt zu werden. Das Wendegetriebe muß auf das Übersetzungsverhältnis des Schleppergetriebes zwischen dem betreffenden Vor- und Rückwärtsgang abgestimmt sein.

Ohne Wendegetriebe kommen diejenigen Triebachsen aus, welche von der Wegzapfwelle angetrieben werden. Für den Fall, daß sie mit Freilauf ausgerüstet sind, muß dieser für die Rückwärtsfahrt gesperrt werden können.

Die Praxisbefragung des KTL zeigte, daß man in allen Betrieben, in denen mit eingeschalteter Triebachse rückwärts gefahren wurde, überzeugt war, ohne diese Möglichkeit nicht auskommen zu können. In den anderen Betrieben behalf man sich dagegen in allen Lagen mit gutem Erfolg. Man überlegte sich dort rechtzeitig, wie bei den einzelnen Arbeiten zum Vermeiden des Steckenbleibens vorzugehen war, indem man beispielweise die Feldmieten so anlegte, daß man mit dem Rollboden-Wagen von der rutschsichersten Seite her, unter Umständen bergab, rückwärts heranzufahren konnte. Wie auch in der Frage der Motorbremsung wird man kaum zu einer generellen Entscheidung für oder gegen das Rückwärtsfahren mit eingeschalteter Triebachse kommen können. In den meisten Fällen wird es sich zwar vermeiden lassen, in anderen dagegen von Bedeutung sein, so beispielsweise in der Forstwirtschaft beim Schichtholzrücken.

Verhältnis von Schlepperleistung und Nutzlast

Die von Schlepper und Triebachswagen zusammen erreichbare Triebkraft ist durch die Motorleistung, die Bodenhaftung und die Ganggeschwindigkeit begrenzt, auf die die Triebachse eingestellt ist. Dadurch ist auch der zu befördernden Nutzlast eine obere Grenze gesetzt. Wenn man verlangt, daß bei etwa 3 km/h ein Fahrwiderstand von 35% des Gesamtgewichtes von Schlepper und Wagen — bedingt durch Rollwiderstand und Steigung — noch bei einer ungünstigen Bodenhaftung (Kraftschlußbeiwert $\kappa = 0,4$) überwunden werden soll, läßt sich anhand der in der Praxis vorgefundenen Eigengewichte errechnen, wie groß die Nutzlast für eine bestimmte Nennleistung des Schleppermotors sein kann [7]. In Tafel 3 wird nachgewiesen, daß die so gefundenen Nutzlasten zusammen mit den Eigengewichten Fahrwiderstände W ergeben, die von den verfügbaren Reifenzugkräften Z_r noch überwunden werden können. Dabei ermöglichen die Motorleistungen noch Fahrgeschwindigkeiten, welche sich um $V = 3,0$ km/h gruppieren. Die in der Praxis angetroffenen Verhältnisse bestätigen die errechnete Tendenz auf die Weise, daß die Triebachswagen für eine um so größere Tragfähigkeit gekauft worden waren, je größer die verfügbare Leistung des Schleppermotors war. Die Tragfähig-

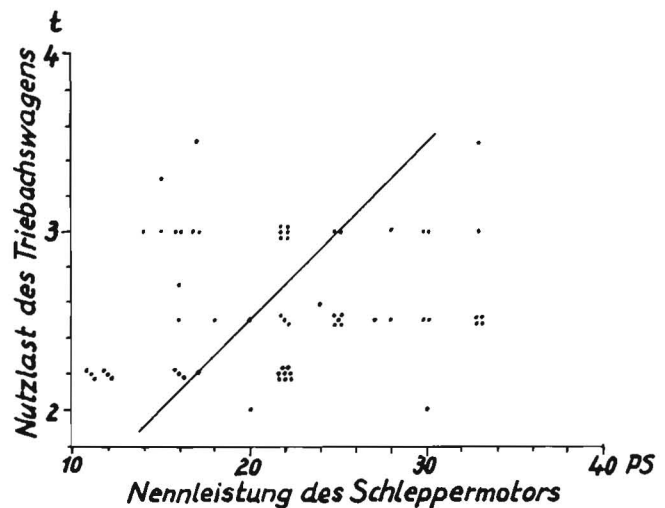


Bild 4: Zusammenhang zwischen Motorleistung der Schlepper und Tragfähigkeit der Triebachswagen in der Praxis

keiten der angetroffenen Triebachswagen wurden nun den Motorleistungen der zugehörigen Schlepper zugeordnet (Bild 4). In Bild 4 wurde außerdem der errechnete Zusammenhang zwischen Motorleistung und Nutzlast aus Tafel 3 eingetragen. Es ergab sich eine Gerade mitten durch die aus der Praxis ermittelten Punkte.

Damit können die fettgedruckten Werte der Tafel 3 als Empfehlung für die Zuordnung von Schlepperstärke und Tragfähigkeit des Triebachswagens gelten.

Folgerungen

Auf Grund der Ergebnisse der Praxisbefragung wird im Einklang mit den COENENBERGSchen Überlegungen [6] eine „Grundform der Triebachse“ für landwirtschaftliche Zwecke vorgeschlagen. Sie ist dem derzeitigen Stand des Triebachsenbaues angepaßt und besitzt folgende Kennzeichen:

Einzustellende Nacheilung $10 \pm 5\%$,

Freilauf

Deichseleinschlagsbegrenzung auf $50-60^\circ$, zum Beispiel in Form von Radpuffern,

Möglichkeit tiefer Anhängung durch tiefe Lage der Anhängerkuppelung am Schlepper und entsprechende Ausbildung der Deichsel am Triebachswagen.

Diese Grundform kann von allen Zapfwellenarten angetrieben werden.

Durch die vorgeschlagene Nacheilung, die größer ist als derzeit üblich, würde im Zusammenwirken mit der Deichseleinschlagsbegrenzung und der tiefen Anhängung die Gefahr beseitigt, daß der Schlepper in engen Kurven von der Triebachse stark seitwärts geschoben oder gar umgekippt wird. Die Nacheilung wäre wiederum klein genug, um eine schonende Behandlung von Schlepperreifen, Grasnarbe und Boden zu gewährleisten und ein Aufbäumen des Schleppers zu verhindern. Auch die Transportleistung würde dadurch nicht beeinträchtigt werden. Außerdem würde der für die

Tafel 3: Zusammenhang zwischen Motorleistung des Schleppers und Nutzlast einachsiger Triebachswagen

Motornennleistung des Schleppers $N_n =$	15	20	25	30	PS
Eigengewicht des Schleppers $G_s =$	900	1200	1500	1700	kp
Hinterachslast des Schleppers $G_{sh} =$	550	750	1000	1100	kp
Eigengewicht des einachsigen Triebachswagen $G_a =$	700	850	1000	1100	kp
Nutzlast des einachsigen Triebachswagen $G_n =$	2000	2500	3000	3500	kp
Gesamtgewicht des Zuges $G_s + G_a + G_n = G =$	3600	4550	5500	6300	kp
Belastung der treibenden Achsen $G_{sh} + G_a + G_n = G_t =$	3250	4100	5000	5700	kp
Fahrwiderstand des Zuges bei $f = 0,35$ $W = G \cdot f =$	1260	1590	1930	2220	kp
Verfügbare Reifenzugkraft bei $\kappa = 0,4$ $Z_r = G_t \cdot \kappa =$	1300	1640	2000	2280	kp
Die Motorleistung N_n ermöglicht bei einem Getriebe- wirkungsgrad von $\eta = 0,89$ die Umfangskraft $U = W$ bei der Geschwindigkeit $V = \frac{270 \cdot \eta \cdot N_n}{W} =$	2,9	3,0	3,0	3,2	km/h

Nacheilung zugelassene Streubereich von 10% es den Triebachsen-Herstellern ermöglichen, mit nur noch etwa sieben Anpassungs-Übersetzungen je Triebachstyp auszukommen.

Als Sonderausrüstung der Grundform kommen infrage:

Eine Freilaufperre, wenn Motorbremsung der Triebachse gewünscht wird,

ein Wendegetriebe, wenn Rückwärtsantrieb gewünscht wird (nur bei Getriebezapfwelle erforderlich),

eine unter Last schaltbare Kupplung, um bei Antrieb durch die Motorzapfwelle und während des gleichzeitigen Antriebes einer Arbeitsmaschine die Triebachse jederzeit ein- und ausschalten zu können.

Ausspracheabend der MEG

Während der Ausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Köln vom 15. bis 22. Mai wird der schon Tradition gewordene Ausspracheabend der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) stattfinden.

Für diese Veranstaltung steht am Dienstag, den 17. Mai, ab 18.00 Uhr der

Rote Festsaal der Messe-Hauptgaststätte

auf dem Ausstellungsgelände zur Verfügung.

Wir freuen uns sehr darauf, unsere Mitglieder mit Freunden und Gästen recht zahlreich begrüßen zu können.

Da eine Abschaltvorrichtung sowieso auch für die „Grundform“ nötig ist, wird empfohlen, zu diesem Zweck schon dort eine unter Last schaltbare Kupplung einzubauen.

Für den praktischen Gebrauch wird folgende Zuordnung von Schlepperstärke und Größe des Triebachswagens empfohlen:

Motornennleistung des Schleppers: 15 20 25 30 PS
Tragfähigkeit des Triebachswagens: 2,0 2,5 3,0 3,5 t

Zusammenfassung

Bei einer Praxisbefragung durch das KTL wurden Triebachswagen im praktischen Einsatz beobachtet, Nacheilungen gemessen, Erfahrungen und Verbesserungsvorschläge der Besitzer gesammelt und die tatsächlichen und wichtigsten Bedarfsfälle der Triebachse ermittelt. Es stellte sich heraus, daß bestimmte vorgefundene Baumuster von Triebachswagen und Stallmiststreuern mit Triebachse als beispielhaft für ein gefahrloses Fahrverhalten, insbesondere bei Kurvenfahrt, angesehen werden konnten. Es stellte sich auch heraus, daß in landwirtschaftlichen Betrieben in der Regel mit einem Antriebsgang in der Vorwärtsfahrt für die Triebachse auszukommen ist.

Anhand dieser Erkenntnisse wird im Einklang mit den COENENBERG'schen Überlegungen [6] eine „Grundform der Triebachse“ für landwirtschaftliche Zwecke empfohlen, welche Freilauf, Deichseleinschlagsbegrenzung und Möglichkeit tiefer Anhängung besitzt und auf eine Nacheilung von $10 \pm 5\%$ eingestellt werden soll.

Den Herstellern von Triebachsen wird vorgerechnet, daß mit dem empfohlenen Streubereich der Nacheilung eine vereinfachte Lagerhaltung in Anpassungsvorgelegen verbunden ist. Außerdem werden Beispiele für die Verwirklichung der gemachten Empfehlungen angeführt, eine sinnvolle Anwendung der Antriebsmöglichkeiten durch Getriebe- und Wegzapfwelle gezeigt und eine Zuordnung von Schlepperstärke und Tragfähigkeit des Triebachswagens aufgestellt.

Schrifttum

- [1] KÖNIG-FACHSENFELD, R. VON: Probleme um den Triebachsanhänger. — Mitteilungen der DLG 68 (1953), S. 456
- [2] KÖNIG-FACHSENFELD, R. VON: Technische Probleme des Triebachsanhängers. — Landtechnik 12 (1957), S. 334—336
- [3] BINDER, R.: Ungelöste Probleme des Triebachsanhängers. — Landtechnik 12 (1957), S. 556—557
- [4] SCHRÖTER, K.: Die Kraftübertragung zum Triebachsanhänger. — Landtechnik 13 (1958), S. 57—62
- [5] BOCKHORN, K. H.: Über das Verhalten von Schleppern mit Triebachsanhängern beim Durchfahren von Kurven. (Unveröffentlichtes Manuskript des KTL-Schlepperprüffelds) 1956
- [6] COENENBERG, H. H.: Zur Fahrmechanik der Triebachse. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 34—39
- [7] FELDMANN, F.: Möglichkeiten und Einsatzbereiche der Triebachse. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 29—33

Résumé

Alfred Schoen: „Powered Axle Trailers in Agricultural Practice.“

The KTL conducted a series of investigations on powered axle trailers during the course of which their use in actual working conditions was observed, any observable lag was measured, experiences and suggestions from actual users collected and actual and most important cases where powered axles are required were ascertained. It was discovered during this process that certain types of powered axle trailers and manure spreaders with powered axles could be considered as exemplary for their safe and easy running properties, particularly when traversing curves. It was discovered that farms could usually make do with one step in the transmission for running forwards.

In view of this knowledge and working in harmony with Coenberg's conclusions, which also appear in this number, a recommendation for a “basic powered axle” for use in agriculture engineering practice. This axle should have a free-wheel device, restricted movement of the drawbar and be attached to the tractor at lowest possible point. The lag should be set at $10 \pm 5\%$.

Manufacturers of powered axles are shown that a simplified bearing support in adjustment devices is combined with the recommended variation of the lag. Furthermore, examples are given to show, in certain cases with illustrations, how the recommendations made may be realised in actual practice. Important applications of transmission possibilities with power take-off shafts are shown and the article concludes with a correlation of tractor power and capacities of powered axle trailers.

Alfred Schoen: «La remorque à essieu moteur dans la pratique.»

Au cours d'une enquête entreprise par le K-, T-, L, on a examiné les remorques à essieu moteur pendant leur utilisation pratique, et on a mesuré les retards des roues de la remorque, rassemblé les expériences et les propositions d'amélioration des utilisateurs et déterminé les cas d'utilisation essentiels. Certaines conceptions de remorques et d'épandeurs de fumier à essieu moteur peuvent être considérées comme idéales quant à leur sécurité de conduite, en particulier, dans les virages. Il s'est avéré qu'une vitesse avant de l'essieu moteur est généralement suffisante dans les utilisations agricoles.

Les connaissances ainsi acquises ont servi, en accord avec les idées de Monsieur Coenberg résumées dans son article paru dans ce même numéro, à recommander une «conception fondamentale d'essieu moteur» dont les caractéristiques essentielles sont: dispositif de roue libre, limitation du braquage de la flèche, attelage très bas et retard réglé à $10 \pm 5\%$.

On a démontré aux constructeurs d'essieux moteurs que la zone de dispersion du retard permet une simplification des stocks de harnais d'engrenages. Des exemples de constructions réalisées d'après le principe recommandé et dont on a reproduit quelques images, montrent comment on peut utiliser, d'une façon appropriée, les possibilités d'entraînement offertes par la prise de force reliée à la boîte de vitesses et par la prise de force solidaire de la vitesse d'avancement et comment on arrive à une adaptation réciproque de la puissance du tracteur et de la charge utile de la remorque à essieu moteur.

Alfred Schoen: «Remolques con eje motriz en la práctica.»

Por indagaciones organizadas por el KTL se han recogido datos sobre vehículos con eje motriz en la práctica, se han medido los retardos, recogido las experiencias, así como las proposiciones que pudieran hacer los propietarios, escogiéndose los casos más importantes en los que es realmente conveniente el empleo eje motriz. Se ha podido apreciar la existencia de determinados modelos de vehículos y de esparcidoras de estiércol con eje motriz que pueden considerarse como ejemplares por sus condiciones de rodadura, especialmente en curvas. Ha resultado también que en las empresas agrícolas basta por regla general una sola marcha adelante para el eje motriz.

De acuerdo con las consideraciones hechas por Coenberg en otro artículo que publicamos en este mismo número, se recomienda el empleo de un «modelo base» para fines de agricultura que disponga de piñón libre, limitación del ángulo de oblicuidad de la barra de remolque y de enganche bajo, y que pueda ajustarse para un retardo de $10 \pm 5\%$.

A los fabricantes de ejes motrices se les explica que con este margen de retardo recomendado se consigue una reducción de las existencias en almacén de transmisiones de adaptación. Se dan además ejemplos, algunos con grabado, para la realización de las recomendaciones, se demuestran las posibilidades para el empleo de las distintas formas de impulsión racionales y se añade una clasificación de acuerdo con las potencias del tractor y con la carga del vehículo de eje motriz.