

Zur Systematik der Verbindung von Schlepper und Gerät

Von Werner Höfflinger, Braunschweig*)

DK 631.372:631.3.072

Der Ackerschlepper hat sich vom Zugtier-Ersatz zur zentralen Systemmaschine entwickelt. Umfang, Produktivität und Komfort seines Einsatzes werden daher wesentlich durch die Verbindung von Schlepper und Gerät beeinflusst.

Ausgehend von der Entwicklungsgeschichte der Schlepper wird eine Systematik der Grundzüge der Kraft-, Leistungs- und Signal-Verbindungen zwischen Schlepper und Gerät entwickelt. Abschließend werden einige Entwicklungstendenzen aufgezeigt.

1. Einführung

Technische Voraussetzung für den Beginn der Schlepperentwicklung war eine mobile Energiequelle. Mit der von *Newcomen* 1711 entwickelten Dampfpumpe baute *Cugnot* bereits 1771 den ersten bekannten Dampfschlepper, **Bild 1**. Aber erst mit dem Verbrennungsmotor begann um 1900 die eigentliche Schlepperentwicklung, die in knapp 50 Jahren über Zapfwelle, Dreipunktanbau, Regelhydraulik und Geräteträgerbauarten vom Zugtierersatz ("Dieselroß") zur Systemmaschine ("Universal-Motorgerät") führte, **Tafel 1**, [1, 2, 3, 4].

Das in **Bild 2** oben dargestellte Gespann aus Unimog und Rübenvollernter zeigt, wie weit mittlerweile die Verbindungen zwischen Schlepper und Gerät entwickelt sind: Neben den Kräften in der Zugdeichsel werden hier Leistungen über die Gelenkwelle, Signale über die hydraulische Steuerung und Stoffe über den Rübenelevator übertragen, Schema **Bild 2** unten. Ein weiteres Beispiel für die Nutzung von Front- und Heckanbau der Geräte sowie der Ladefläche eines System-Schleppers gibt **Bild 3**.

Kraft-, Leistungs- und Signal-Übertragung sollen im folgenden näher behandelt werden, während auf die Übertragung von Stoffen wegen des relativ seltenen Vorkommens und der Einfachheit der Lösung nicht weiter eingegangen wird.

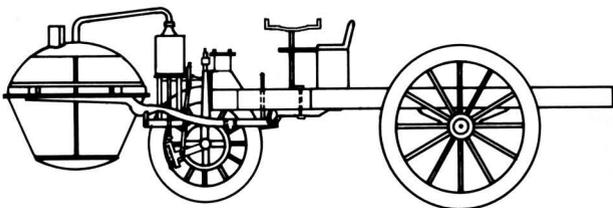


Bild 1. Cugnot-Dampfschlepper [nach 2].

*) *Dipl.-Ing. Werner Höfflinger ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landmaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies) der Technischen Universität Braunschweig.*

Jahr	Erfinder bzw. Hersteller	Gegenstand	Bedeutung
1771	Cugnot	Dreiradschlepper mit Dampftrieb	Schlepper-Vorläufer
1825	James	Allrad-Antrieb mit Gelenkwellen	Zapfwellen-Vorläufer
1886	Geiser	Steam-Lift-Plough	Kraftheber-Vorläufer
1906	Ford	Schlepper mit Automobilmotor	Erster Leichtbau-Schlepper
1918	IHC	Schlepper-Zapfwelle	Leistungsübertragung
1922	Ferguson	3-Punkt-Anbau	Geräteanschluß
1925	Ferguson	Regelhydraulik	Automatisierung
1946	Rößler	Unimog	Universal-Motor-Gerät
1951	Lanz	Alldog	Geräteträger

Tafel 1. Meilensteine der Schlepperentwicklung (nach [1] u.a.).

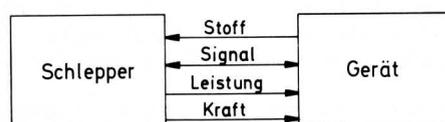
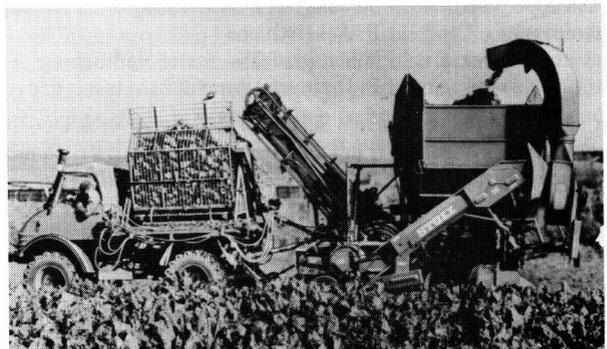


Bild 2. Beispiel für die Verbindungen zwischen Schlepper und Gerät. (2a: Werkbild Stoll)



Bild 3. Systemschlepper (Werkbild Rau-Kombi).

2. Kraftübertragung

Im Zuge der Schlepper- und Geräte-Entwicklung traten zu den Anhängegeräten auch Aufsattel- und Anbaugeräte, wobei letztere nicht nur am Heck, sondern auch im Front-, Seiten- oder Zwischenachsraum angeschlossen werden können. Die dabei zwischen Schlepper und Gerät wirksamen Kräfte lassen sich entsprechend ihrer Hauptrichtungen (Längs-, Quer- oder Hochachse) in Zug-, Seitenführungs- oder Tragkräfte einteilen.

Zur systematischen Beschreibung der Bewegungsmöglichkeiten dieser Verbindungen eignet sich der Begriff des Freiheitsgrades, der die Anzahl der möglichen Relativbewegungen angibt, beispielsweise Verschiebungen in Richtung der Längs-, Quer- und Hochachse und Drehungen um diese Achsen, Bild 4a. Als Verbindungsgelenke haben sich in der Landtechnik Ausführungen bewährt, die kinematisch einem Kugelschalengelenk, Bild 4b, entsprechen. Eine solche Verbindung läßt beliebige Drehungen, aber keine Verschiebungen zu, ihr Freiheitsgrad beträgt $F = 3$. Für eine Kombination mehrerer Kugelschalengelenke ergibt sich nach Bild 4b, c, d:

- 1 Kuppelpunkt: Freiheitsgrad 3 – beliebige Drehung – z.B. Anhängemaul
- 2 Kuppelpunkte: Freiheitsgrad 1 – Drehung um 1 Achse – z.B. Ackerschiene
- 3 Kuppelpunkte: Freiheitsgrad 0 – starre Verbindung – z.B. Dreipunkt-Anschluß.

Für eine Verbindung zwischen Schlepper und Gerät verbleiben bei einer Kraftübertragung nur in Fahrtrichtung als grundsätzlich mögliche Bewegungen Verschiebungen in Quer- und Hochrichtung sowie Drehungen um alle drei Achsen. Diesem Freiheitsgrad 5 entsprechen insgesamt $2^5 - 1 = 31$ verschiedene Verbindungsmöglichkeiten, von denen 11 praktisch angewandte Kombinationen in Tafel 2 zusammengestellt sind.

Bei praktisch ausgeführten Verbindungselementen sind die möglichen Verschiebewege und Verdrehwinkel meist durch die konstruktive Gestaltung und die vorhandenen Freiräume begrenzt.

Bei Belastung in den Grenzlagen am Anschlag treten dann Kräfte und Momente auf, die Verformungen, Brüche oder gar das Umstürzen des gesamten Schleppers herbeiführen können.

Die grundsätzliche Auslegung der mechanischen Kraftübertragung zwischen Schlepper und Gerät erfordert somit die Klärung folgender Punkte:

- Freiheitsgrad der Verbindung
- Beträge und Richtungen der Kräfte und Momente
- Erforderliche Verschiebewege und Verdrehwinkel.

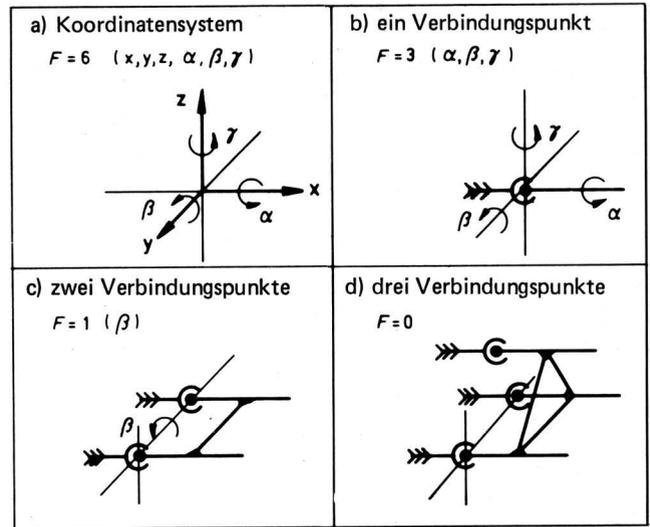


Bild 4. Freiheitsgrade von Verbindungen mit Kugelschalengelenken.

Lfd. Nr.	Freiheitsgrad F	Koordinaten nach Bild 4a X Y Z alpha beta gamma 1)	Technische Ausführung
1	5	- x x x x x	Zug-Kette oder -Seil
2	4	- x - x x x	Zugpendel
3	3	- - - x x x	Anhängemaul
4	3	- x x - x -	Ackerschiene pendelnd u. schwimmend
5	2	- x - - x -	wie Nr. 4, nur pendelnd
6	2	- - x - x -	wie Nr. 4, nur schwimmend
7	2	- x x - - -	Dreipunktanbau pendelnd, schwimmend
8	1	- x - - - -	wie Nr. 7, nur pendelnd
9	1	- - x - - -	wie Nr. 7, nur schwimmend
10	1	- - - - x -	Ackerschiene, starr
11	0	- - - - - -	Dreipunkt, starr

1) x = freibeweglich - = gebunden

Tafel 2. Verbindungen zur Kraftübertragung mit unterschiedlichem Freiheitsgrad, Bewegungsmöglichkeiten und technische Ausführungen.

Um möglichst jeden Schlepper mit jedem Gerät koppeln zu können – zumindest innerhalb entsprechender Größenklassen – sind die verschiedenen Anschlußelemente weitgehend genormt [11]. Diese Vereinheitlichung erschwert andererseits in einer Übergangsphase die Einführung neuer Konstruktionselemente (z.B. Schnellkuppler). Neben der geschilderten Kraftübertragung über Hebel und Gelenke haben pneumatische, hydraulische oder andere Systeme praktisch keine Bedeutung.

3. Leistungsübertragung

Systeme zur Leistungsübertragung zwischen Schlepper und Gerät müssen neben den landtechnischen Standardanforderungen, wie ausreichende Lebensdauer, robuste Bauweise, hohe Unfallsicherheit und einfache Bedienung und Wartung, auch die Bedingungen der Kuppelbarkeit, hohen Leistungsdichte und Längen- und Winkelanpassung erfüllen.

Die Vielzahl der technisch möglichen Lösungen läßt sich z.B. nach der Art der Hauptbeanspruchung des Übertragungsmittels in Zug-, Dreh- oder Druckmittel-Antriebe einteilen, **Tafel 3. Zugmittel-An-**

Zugmittel (Ketten, Riemen)	Leistung = Zugspg. x Querschnitt x Geschw. [Nm/s] [N/m ²] [m ²] [m/s]
Drehmittel (Wellen)	Leistung = Drehspg. x Flächenmom. x Drehz. [Nm/s] [N/m ²] [m ³] [1/s]
Druckmittel (Öl, Luft)	Leistung = Druckspg. x Volumenstrom [Nm/s] [N/m ²] [m ³ /s]

Tafel 3. Bestimmende Größen für die Leistung von Zug-, Dreh- und Druckmittelantrieben.

Motorleistung	kW (PS)	30–40 (40–55)	65–75 (85–100)	100 (> 135)
max. Geschwindigkeit	km/h	25	25–30	25–30
Leergewicht	t	1,5–2,4	3,3–4,4	5,5
Zul. Gesamtgewicht	t	2,5–4,0	5,5–6,0	7,5
Stützlast	da N	800–1000	900–1500	1500
Hubkraft	da N	1400–2000	2500–3800	5500
Dreipunktkategorie		I (III)	I/II	II/III
Regelungsart ¹⁾		FLMZ	FLMZ	FLMZ
Zapfwelldrehzahl	min ⁻¹	540 (1000)	540 + 1000	(540) 1000
Zapfwellenleistung	kW	30– 40	57–67	
dto. in % Motorleistung ²⁾		100	90	75
Hydraulikfördermenge	l/min	15– 26	30–45	40
max. Betriebsdruck	bar	150–210	160–180	175
max. Hydraulikleistung	kW	4,5–8	7,1–13,7	12
dto. in % Motorleistung ²⁾		20	15	8
Hydraulik-Anschlüsse ³⁾		3 + 3	2 + 2	3 + 3

¹⁾ F = Freigang-, L = Lage-, M = Misch-, Z = Zugkraft-Regelung
²⁾ Durchschnittswerte
³⁾ Anzahl der einfach und der doppelwirkenden Steuergeräte

Daten aus: Schleppertypentabelle, Landtechnik 30 (1975) Nr. 3, S. 12/170

Tafel 4. Schlepper-Kenndaten.

triebe haben sich zwar als Ketten- oder Riementriebe zwischen ortsfesten Wellen in Landmaschinen hervorragend bewährt, ermöglichen aber keine einfache Längen- und Winkelanpassung.

Der Drehmittelantrieb in Form der Gelenkwelle mit Schieböhülse erfüllt weitgehend alle Anforderungen und ist als Standardlösung international genormt [11]. Der Unfallschutz ist durch vollständige Umhüllung aller drehenden Teile funktionsgerecht erfüllt. Einzelne Schwachpunkte, wie Spitzen der dynamischen Belastung durch ungleichförmigen Lauf beispielsweise infolge unsymmetrischer Abwinklung und mangelnder Komfort beim Aufstecken auf die Schlepperzapfwelle von Hand, lassen sich durch entsprechend höhere technischen Aufwand, z.B. Gleichlaufgelenke, Kuppelautomatik, beheben.

Ölhydraulische Druckmittelantriebe über Schläuche erfüllen an sich in hervorragender Weise die Forderungen nach leichter Kuppelbarkeit, hoher Leistungsdichte, einfachster Längen- und Winkelanpassung und hoher Unfallsicherheit. Ihre Anwendung beschränkt sich jedoch vor allem auf Linear-Antriebe (Kipp- und Verstellzylinder), da der Übertragung größerer Dauerleistungen Preis- und Lebensdauerfragen, mangelnde Hydraulikleistungen der Schlepper, **Tafel 4**, und der deutlich niedrigere Wirkungsgrad [5, 6] entgegenstehen. Pneumatische Systeme entfallen allgemein wegen der zu geringen Leistungsdichte, lediglich in Anhängerbremsanlagen werden sie wegen der guten Kombinierbarkeit von kraft-, leistungs- und signalübertragenden Funktionen eingesetzt.

4. Signalübertragung

Mit der Zunahme der Einmannbedienung von Schlepper und Gerät durch den Schlepperfahrer hat die Signalübertragung zwischen Schlepper und Gerät wesentlich an Bedeutung gewonnen. Je nach Flußrichtung dienen die Signale dabei der Meldung des Ist-Zustandes (vom Gerät zum Schlepper) oder der Einstellung eines neuen Soll-Zustandes (vom Schlepper zum Gerät). Die zentrale Stellung bei den zugehörigen Steuer- und Regelungsvorgängen nimmt meist der Schlepperfahrer ein, indem er die ankommenden Signale erfaßt, beurteilt und erforderlichenfalls entsprechende Verstaltungen auslöst. Dabei kann der Schlepperfahrer als ein außerordentlich vielseitiger und empfindlicher Signalaufnehmer angesehen werden, denn neben optischen Signalen (Sichtkontrolle der Gerätefunktionen und -einstellungen), mechanischen (Schwingungsempfinden) und chemischen Signalen (Geruch) kann er insbesondere auch akustische Signale aufnehmen und bei entsprechender Erfahrung daraus ebenso auf die richtige Auslastung der gesamten Maschine wie auf die Funktion einzelner Teile mit einer Empfindlichkeit und Vielseitigkeit schließen, die selbst aufwendigste Elektronik nicht erreichen kann. Diese menschlichen Signalverbindungen werden durch die Einführung schallisolierter und klimatisierter Fahrerkabine [7] weitgehend abgeschnitten. Soweit erforderlich und möglich, müssen sie durch technische Signalübertragungen ersetzt werden, wie dies z.B. aus ähnlichen Gründen durch Monitor-Anlagen an Großmähreschern üblich ist. Neben vereinzelt Anwendungen mechanischer oder hydraulischer Signalübertragung nimmt die elektrische Signalübertragung einen ständig wachsenden Umfang ein, da sie einfach, variabel, wartungsfrei, räumlich freizügig, betriebssicher und entwicklungsfähig und im allgemeinen auch billig ist. Ein Beispiel für den bereits heute erreichten erheblichen Umfang der elektrischen Signalübertragung gibt der Schaltplan eines schleppergezogenen Rübensvollernters, **Bild 5**.

5. Stand und Tendenzen der technischen Entwicklung

Zur Beschreibung des Standes der Technik gibt **Tafel 4** einige Richtwerte für Schlepperdaten an, die Aussagen zur Kraft- und Leistungsübertragung zwischen Schlepper und Gerät erlauben. Art und Umfang der Signalübertragung sind im Gegensatz dazu nicht durch die Schlepperdaten begrenzt, da sie von dem jeweils eingesetzten Gerät bestimmt werden.

Die Zahlenangaben der Tafel beschränken sich auf die drei ausgewählten Schleppergrößen-Gruppen von 30–40 kW (40–55 PS) als Universalschlepper-Gruppe, von 65–75 kW (85–100 PS) als Zugschlepper-Gruppe und Schlepper von über 100 kW (> 135 PS) als derzeitige schwerste Schlepper (siehe auch [8]).

Für die Kraftübertragung gilt, daß die auftretenden Zug-, Hub- und Stützkräfte annähernd der Motorleistung proportional sind. Aufgrund der zu erwartenden weiteren Steigerung der durchschnittlichen Schlepperleistung [9] werden also auch die zu übertragenden Zug-, Hub- und Stützkräfte steigen. Wesentliche Änderungen der gebräuchlichen Anschlußelemente sind nicht zu erwarten, da sie den gestellten Anforderungen genügen. Eine allgemeine Verwendung automatischer Kuppelsysteme wäre zwar aufgrund des Angebotes ausgereifter Lösungen möglich, sie dürfte aber weiterhin durch die Forderung beliebiger Kombinierbarkeit mindestens im Heckanbau begrenzt bleiben.

Die Leistungsübertragung über die Zapfwelle erfüllt nicht alle Anforderungen. Aus der Tafel geht hervor, daß die von der Zapfwelle zu übertragende Leistung nicht entsprechend der Motorleistung ansteigt. Der Übergang auf die Zapfwelldrehzahl $n = 1000 \text{ min}^{-1}$, womit Leistungen bis zu ca. 100 kW übertragen werden können, liegt in der Schleppergruppe mit 65–75 kW. Entsprechende Leistungen werden hauptsächlich für den Antrieb schwerer Bodenbearbeitungsgeräte benötigt, da Erntemaschinen mit entsprechender Leistungsaufnahme bereits jetzt vermehrt als Selbstfahrer ausgeführt werden.

Eine automatische Gelenkwellen-Ankupplung könnte besonders für Anbaugeräte einen wesentlichen Fortschritt bringen. Angesichts der zögernden Verbreitung der automatischen Dreipunkt-Kupplung wäre ein Durchbruch aber nur von einer sehr überzeugenden Lösung zu erwarten.

Die übertragbare Hydraulikleistung beträgt höchstens 20 % der Motorleistung, jedoch selten mehr als 12 kW, womit die allgemeinen Anforderungen zur Zeit erfüllt werden. Da die serienmäßige Anhebung der Hydraulikleistung nicht ohne Auswirkungen auf den Schlepperpreis bliebe, setzt sie eine erheblich größere Zahl hydraulischer Antriebe in Landmaschinen voraus, wie sie bei zunehmender Einführung automatischer Steuerungen und drehzahl- oder drehmoment-geregelter Antriebe zu erwarten ist. Damit könnte auch der Übergang von Konstantstrom- zu Konstantdruck-Systemen [6, 10] verbunden sein.

Die Signalübertragung zwischen Schlepper und Gerät wird zur Erhöhung der Betriebssicherheit und Auslastung von Schlepper und Gerät einen wesentlichen Ausbau erfahren. In vielen Anwendungsfällen können elektrische Elemente der Steuer- und Regelungstechnik und öldruckhydraulische Antriebe, die sich in anderen Industriezweigen bereits bewährt haben, vorteilhaft auch in Landmaschinen eingesetzt werden. Gerade bei Maschinen mit mehreren Arbeitsfunktionen oder bei der Kombination mehrerer Maschinen können so ohne großen Aufwand noch erhebliche qualitative und quantitative Leistungssteigerungen bei verringerter Belastung des Schlepperfahrers erreicht werden.

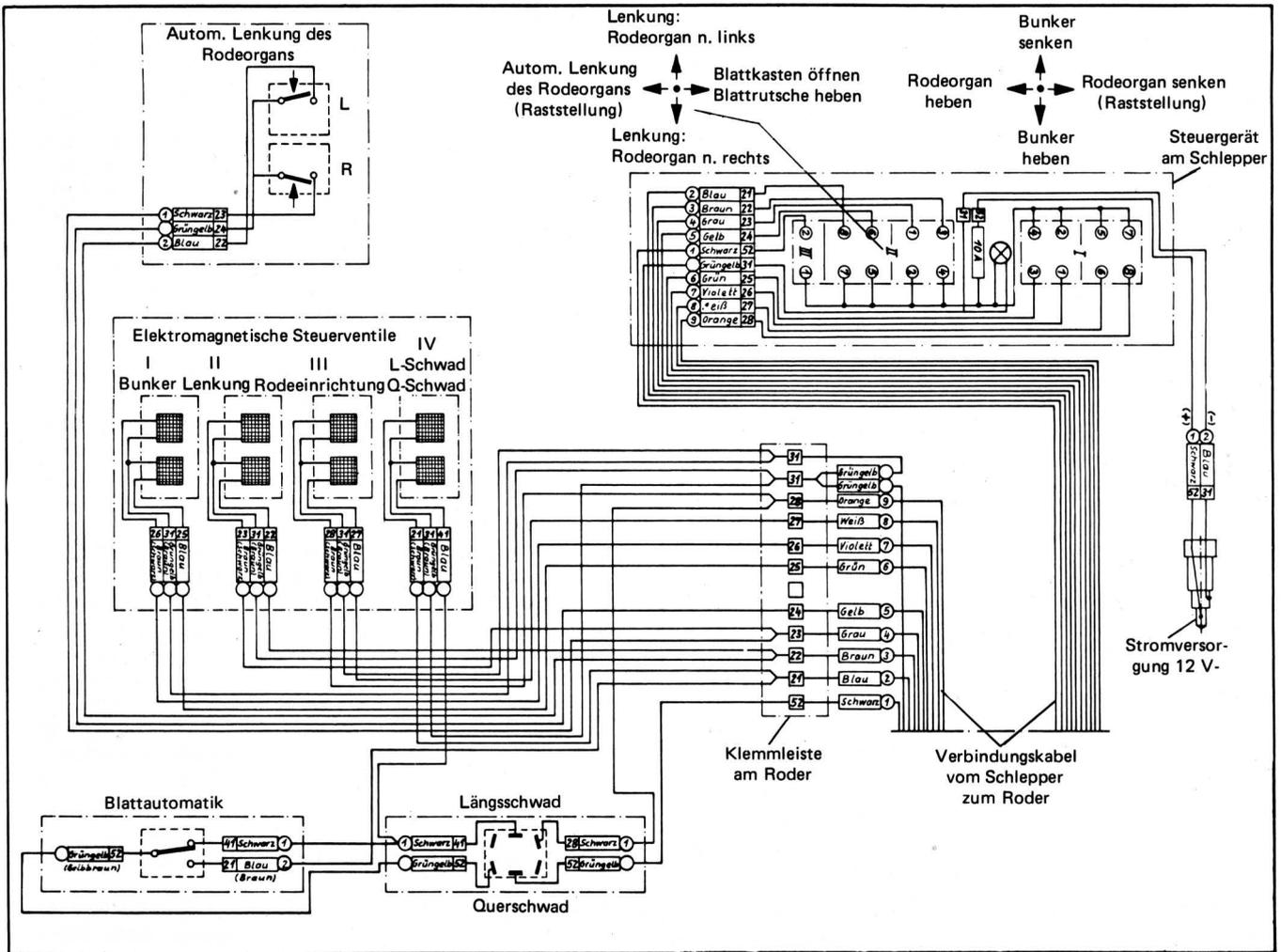


Bild 5. Elektrischer Schaltplan eines Rübenvollernters. (Werkbild Stoll)

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] • *Franke, R.*: Motorisierung der Feldarbeit: Schlepper in: *Franz, G.*: Die Geschichte der Landtechnik im 20. Jahrhundert, Frankfurt/Main: DLG-Verlag 1969.
- [2] *Franke, R.*: Rückblick auf 200 Jahre Schlepperentwicklung. Landtechnik Bd. 26 (1971) Nr. 23/24, S. 599/605.
- [3] *Matthies, H.J.*: Schlepperbau-Vorlesung TU Braunschweig.
- [4] *Heinrich, :* Schlepperbauarten im Wandel der Zeiten. Landmaschinenmarkt Bd. 50 (1971) Nr. 20, S. 1008/11.
- [5] *N.N.*: Walterscheid Gelenkwellenhandbuch 1966.
- [6] *Matthies, H.J.*: Entwicklungslinien auf dem Gebiet der Schlepperhydraulik. Grndl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 1, S. 31/40.
- [7] *Batel, W.*: Technische Möglichkeiten zur Erleichterung der Arbeit der Fahrer von Schleppern, Mähreschern und anderen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen. Grndl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 1, S. 21/30.
- [8] *Welschhof, G.*: Entwicklungslinien im Schlepperbau. Grndl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 1, S. 7/13.
- [9] *Söhne, W.*: Versuch einer Prognose der Leistung und Produktion der Ackerschlepper sowie ihrer konstruktiven Weiterentwicklung. Grndl. Landtechnik Bd. 22 (1972) Nr. 6, S. 161/65.
- [10] *Böinghoff, O. u. D. Hoffmann.*: Hydrostatik in Landmaschinen. Ölhydraulik + Pneumatik Bd. 16 (1972) Nr. 11, S. 458/63.

[11] Normen

- DIN 9611
- DIN 9616
- DIN 9618
- DIN 9620
- DIN 9630
- DIN 9674
- DIN 9675
- DIN 9676
- DIN 9677
- DIN 11025
- DIN 11755

ISO/R 500

ISO/R 730

ISO/DR 2057

ISO/DR 2332

(nach Mtlg. DLG Nr. 39 vom 21.9.1972):

- Zapfwellen für den Geräteantrieb am Schlepperheck
- Zwischenachsenbau von Geräten bei Tragschleppern
- Zapfwellenschutz, Lage des Wellengelenkes
- Freiraum am Dreipunktanbau nach DIN 9674
- Riemenscheibe für Leistungsabgabe Dreipunktanbau von Geräten
- Schnellkuppler für Dreipunktanbau
- Anhängeschiene für Dreipunktanbau
- Zugpendel zum Anhängen von Geräten
- Nichtselbsttätige Anhängerkupplung
- Zuggabeln und Zugdeichsel für Zweiachs-Ackerwagen
- Zapfwelle und Anhängeschiene (Zugpendel)
- Dreipunktanbau an landwirtschaftlichen Radschleppern
- Hydraulische Betätigung von Anhängegeräten
- Freiraum für Dreipunktanbau (auch Schnellkuppler)

Auszüge aus wichtigen Patent-Auslegeschriften

Int. Cl. A 01 d, 81/00

Kl. 45 c, 81/00

Auslegeschrift 2332781

Anmeldetag: 27.6.1973

Auslegetag: 11.7.1974

Steuervorrichtung für den Druckmittelkreislauf eines hydraulisch höhenverlagerbaren und hydraulisch antreibbaren Seitenrechewenders

Anmelder: International Harvester Co., Chicago, Ill. (USA)

Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für den Druckmittelkreislauf eines hydraulisch höhenverlagerbaren und hydraulisch antreibbaren Seitenrechewenders, gekennzeichnet durch ein Ventil (70), welches mit zwei Ausgängen (71, 72) versehen ist, von denen durch Steuerung des Ventils jeweils einem Druckmittel zugeführt wird und die mit einem der Höhenverlagerung dienenden doppelwirkenden hydraulischen Zylinder (57) und mit einem zum Antrieb des Rechens dienenden hydraulischen Motor (20) leitungsartig in der Weise verbunden sind, daß der den Zufluß des Druckmittels beim Absenken des Rechens aufnehmende Eingang (74) des Zylinders und der Eingang (76) des Motors an den einen Ausgang (71) des Ventils und der den Zufluß des Druckmittels beim Anheben des Rechens aufnehmende Eingang (75) des Zylinders und der Ausgang (77) des Motors, letzterer über ein Einwegventil (79), an den anderen Ausgang (72) angeschlossen sind.

