

Grundlagen der Landtechnik

Herausgegeben mit Unterstützung durch die
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Braunschweig-Völkenrode (FAL)

Schriftleitung: Dr. F. Schoedder,
Institut für Biosystemtechnik

Grundl. Landtechnik Bd. 38 (1988) Nr. 6, S. 169 bis 200

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Traktorgetriebe – Entwicklungstendenzen und neuere Konzepte

Von Heribert Reiter und Karl Theodor Renius,
München*)

DK 631.372–585

In der Bundesrepublik Deutschland werden jährlich für über 1 Mrd DM Traktorgetriebe hergestellt. Sowohl die Definition der zukünftigen Praxisanforderungen wie auch die Findung und Realisierung tragfähiger Konzepte stellen an die Qualität der Produktplanung, der Entwicklung und der Fertigungsplanung sehr hohe Anforderungen.

Anknüpfend an eine schon längere Tradition soll die vorliegende Übersicht wiederum dazu beitragen, die komplexe technische Entwicklung unter Berücksichtigung des Umfeldes ordnend zu analysieren und bedeutende Entwicklungstendenzen herauszustellen.

1. Einleitung

Die Gesamtsituation bei Traktoren ist in den Hauptmärkten europäischer Hersteller vor allem durch folgende Grundtendenzen gekennzeichnet: Weiter leicht abnehmende Stückzahlen – eher noch zunehmende technische Funktionen – weiter zunehmende Variantenvielfalt [1]. Die Fertigung wandelt sich zur programmierten Einzelmontage bei gleichzeitig minimierten Materialbeständen [2]. Flexible Fertigungssysteme können in neuerer Zeit die konstruktiven Freiräume vergrößern, kosten aber eher noch mehr als die klassischen Transferstraßen. Alle grundsätzlichen Überlegungen haben gerade beim Getriebe wegen der langfristig festzulegenden Grundstruktur und der enormen finanziellen Vorleistungen ein so großes Gewicht, daß Fehlentscheidungen die Existenz einer ganzen Firma in Frage stellen können.

Deswegen erscheint gerade bei den Traktoren eine systematische Standortbestimmung und Analyse der sich wandelnden Praxisanforderungen immer wieder wichtig, um die Entwicklung zukunfts-trächtiger Konzepte zu erleichtern.

Erweiterte Fassung des Vortrags auf der internationalen Tagung Landtechnik am 28.10.1988 in Neu-Ulm.

*) *Dipl.-Ing. H. Reiter ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Landmaschinen der Technischen Universität München. Prof. Dr.-Ing. K.Th. Renius ist Leiter dieses Instituts.*

2. Entwicklungsschwerpunkte

Die in [3] zusammengestellten Grundanforderungen an Traktorgetriebe haben sich nicht wesentlich geändert. Bei ihrer Erfüllung geht man jedoch teilweise durch eine verstärkte Anwendung elektronischer und elektrohydraulischer Komponenten neue Wege.

Die Verbesserung der Handhabung steht an erster Stelle. Inzwischen sind bei fast allen Getrieben die häufig benutzten Schaltstellen einschließlich Rückwärtsgang bzw. -gruppe mit Sperr-synchronisationen ausgerüstet. Kubota hat für Kleintraktoren (22 und 25 kW) ein synchronisiertes Getriebe mit hydraulischer Hilfskraftschaltung vorgestellt [4]. Unter Last schaltbare Getriebestufen, die in der Vergangenheit mehr in Nordamerika verbreitet waren [5], erfreuen sich jetzt auch in Europa im oberen und mittleren Leistungsbereich immer größerer Beliebtheit, weil einige Vorteile offenbar an Gewicht gewonnen haben, **Tafel 1**. Der Marktanteil neu zugelassener Traktoren mit Lastschaltung lag im Inland 1988 bei etwa 14 % mit steigender Tendenz. Dieses steht im Gegensatz zu früheren Jahren, in denen der Anteil auf niedrigerem Niveau stagnierte bzw. zeitweise sogar rückläufig war.

Die Elektronik übernimmt im Traktorgetriebe zunehmend Überwachungs-, Schalt- und Steuerfunktionen. Einen kurzen Überblick zu derzeitigen Anwendungen gibt **Tafel 2**.

Die Grundfunktionen im Fahrgetriebe wurden weiter ausgebaut. So hat sich die 40 km/h-Technik in der Bundesrepublik bei Standardtraktoren unerwartet rasch durchgesetzt. Fast alle Firmen haben inzwischen ihre Getriebe – meist durch eine zusätzliche Splitstufe ins Schnelle – entsprechend modifiziert. Dieses führte auch zu einer erheblichen Anhebung der Gangzahl (bis zu 46/46 bei MF oder 40/40 bei Same). Der Trend zu mehr Gängen und zur elektronischen Einsatzoptimierung läßt Konzepte stufenloser Getriebe, die sich in der Vergangenheit aus bekannten Gründen [6] nicht durchsetzen konnten, wieder aktuell werden.

Die anhaltende Spezialisierung in der Landwirtschaft und der zunehmende Kostendruck führten zu einer weiter vergrößerten Baukastenvielfalt. Aufbauend auf einem einfachen Grundgetriebe kann durch ein breites Angebot von Optionen ein bedarfsgerechtes und kostengünstiges Getriebe zusammengestellt werden. Dazu werden gut geplante Baukastensysteme (Modulbauweise) benötigt, um die relativ kleinen Losgrößen der teilweise sehr unterschiedlichen Varianten bei vertretbarem Logistikaufwand zu beherrschen.

Vorteile	
–	Handhabung einfach und bequem
–	Grundbodenbearbeitung produktiver je nach Standort
–	Bestell- und Erntearbeiten (Zapfwelle) erleichtert
–	Vorstufe für Getriebeautomatisierung
Nachteile	
–	Aufwendiger und teurer als Synchronschaltung
–	Mehraufwand für restliche (synchronisierte) Schaltstellen
–	Größere Spannweite und Teilezahl für Getriebebaukasten
–	Wartung/Reparatur etwas anspruchsvoller
–	Geringfügig höhere Getriebeverluste

Tafel 1. Vor- und Nachteile unter Last schaltbarer Getriebestufen für den Einsatz in Mitteleuropa.

Komponente	automatisierter Vorgang	berücksichtigtes Kriterium
Zapfwelle	Einkuppeln Abschalten	niedriges/hohes Anlaufmoment (MF) Überlast, Rutschen, Überdrehzahl (MF)
Allradantrieb	Zuschalten Abschalten	Einlegen der Differentialsperre (MF) Bremsbetätigung (mehrere Firmen) hohe Fahrgeschwindigkeit (MF)
Differential-sperre	Zuschalten Abschalten	Drehzahldifferenz der Räder bei eingeschaltetem Allrad (Fendt) Absenken der Dreipunkthydraulik (MF) große Lenkwinkel (Fendt) hohe Fahrgeschwindigkeit (Fendt, MF) Ausheben der Dreipunkthydraulik (MF) Bremsbetätigung (Fendt, MF)
unter Last schaltbare Splitstufe	Schaltvorgang	Motorauslastung (Steyr) vorgewählter Gang (Steyr)
unter Last schaltbares Getriebe	Schaltvorgang	vorgewählter Gang (ZP)

Tafel 2. Beispiele der Elektronikanwendung im Traktorgetriebe.

Die zunehmende Bedeutung direkt angetriebener Geräte bewirkte eine immer aufwendigere Zapfwellentech-nik mit bis zu vier Drehzahlen umschaltbar von einem Stummel. Die Motive für die Zusatzdrehzahlen liegen vor allem im kraftstoffsparenden und leisen Antrieb von Zapfwellengeräten geringen Leistungsbedarfs.

In Anbetracht der gesunkenen Energiepreise ist die Diskussion um die Verminderung der Getriebeverluste etwas ruhiger geworden. Trotzdem konnten auch hier Fortschritte erzielt werden. Eine spürbare Verbesserung des Wirkungsgrades wird vor allem durch die Umstellung von der klassischen Tauch- auf die sogenannte Zentralschmierung erreicht. Dadurch werden die Plantschverluste reduziert, und gleichzeitig können die Synchronisationen besser gekühlt werden. Bei nassen Bremsen und Kupplungen wirken sich größere Lüftwege und die Unterbrechung der Ölzufuhr im geöffneten Zustand positiv aus [7].

Wartung und Reparatur sind für den Landwirt ein wichtiger Kostenfaktor [8, 9]. Durch spezielle konstruktive Maßnahmen wird versucht, diese Kosten möglichst niedrig zu halten. Durch seitliche Gehäuseöffnungen können Bauteile ohne Demontage des Traktors ausgewechselt werden. Komplette Baugruppen wie z.B. die Traktorhydraulik (Pumpe und Ventile) werden immer häufi-

ger gut zugänglich am Getriebe angeflanscht. Selbstnachstellende Bremsen und Kupplungen sind üblich. Die Wartungsintervalle wurden verlängert. Dauerölfüllungen mit Feinstfilterung befinden sich in Erprobung, um vielleicht in Zukunft ganz auf den Getriebeölwechsel verzichten zu können.

3. Ausgeführte Traktorgetriebe

3.1 Vorbemerkungen

Die Darstellung der Getriebe orientiert sich an den vorausgegan-genen Arbeiten dieser Art [10]. Die Konzepte werden in drei Ab-schnitten vorgestellt: Stufengetriebe für Traktoren der mittleren Leistungsklasse, Stufengetriebe für Traktoren der oberen Lei-stungsklasse und neue Konzepte stufenloser Getriebe.

3.2 Stufengetriebe für Traktoren der mittleren Leistungsklasse

In der Mittelklasse fällt die Zunahme unter Last schaltbarer "Hi-Lo"-Splitstufen besonders auf – vier Getriebe mit neuen Einrichtungen dieser Art werden im folgenden behandelt. Die Grundgetriebe von Fiat, Steyr und Same sind bereits seit einigen Jahren im Markt und wurden entsprechend weiterentwickelt. Das MF-Getriebe ist eine völlige Neuentwicklung.

3.2.1 Fiat "Hi-Lo-Getriebe" für die Traktoren 70–90 dt und 80–90 dt

Mit der Einführung der Traktorenbaureihe "66" (Typen 466/566/666dt mit 37/43/50 kW) im Jahr 1978 wurde auch das Grund-konzept des in Bild 1 dargestellten Getriebes vorgestellt. In den folgenden Jahren wurde dieses Konzept vor allem hinsichtlich Leistung, Endgeschwindigkeit, Gangzahl und Schaltkomfort wei-terentwickelt und 1984 zusammen mit der Neustrukturierung der kompletten Traktorenbaureihe in der mittleren Leistungsklasse eingeführt [11].

In der Standardausführung arbeitet das Getriebe mit 12 Vorwärts- und 4 Rückwärtsgängen, synchronisierter Schaltung im Hauptge-triebe und 30 km/h Endgeschwindigkeit. In dieser Version wird es in die neuen Traktormodelle 55–90/60–90/70–90 und 80–90 (41/44/51/59 kW) eingebaut. Ferner ist auf Wunsch eine Kriech-ganggruppe (Gangzahl insgesamt 20/8) oder eine Reversiergruppe (12/12) disponierbar. 1987 wurde das Getriebe durch zwei weite-re Varianten ergänzt. Die erste beinhaltet eine synchronisierte "Overdrive"-Stufe (Split ins Schnelle für 40 km/h), die zweite eine unter Last schaltbare "Hi-Lo"-Stufe kombiniert mit einer synchronisierten Reversierschaltung. Dadurch erreicht man eine Stufungsverdichtung (20/8 bzw. 24/24), eine Endgeschwindig-keit von 40 km/h und eine Verbesserung der Handhabung. Das "Hi-Lo-Getriebe" wird allerdings bisher nur in die beiden Modelle 70–90 dt und 80–90 dt eingebaut.

Für die Traktortypen 90–90/100–90 und 110–90 (66/74/81 kW) im oberen Bereich der Mittelklasse wurde das Getriebe der alten "80er" Serie, das in [3] ausführlich besprochen wurde, beibehalten. Mit einem zusätzlichen fünften Gang im Hauptgetriebe wird die Stufung noch etwas verfeinert bzw. die 40 km/h-Version dar-gestellt.

Das Fiat-Getriebe wird über eine klassische Doppelkupplung ange-trieben, wobei die erste Scheibe das hintenliegende Zapfwellenge-triebe, die zweite den Fahrtrieb betrifft. In der Hi-Lo-Ausfüh-rung ist im vorderen Getriebebaureaum neben zwei unter Last schaltbaren Stufen auch eine synchronisierte Reversierstufe ein-gebaut. Im Hauptgetriebe schließen sich vier synchronisierte Grundgänge an, danach folgt das Gruppenwahlgetriebe (L, M, H) mit Klauenschaltung. Dieses kann durch eine kostengünstige Rück-wärtsgruppe (Schieberad) ergänzt werden, wenn die Reversierstufe nicht eingebaut wird.

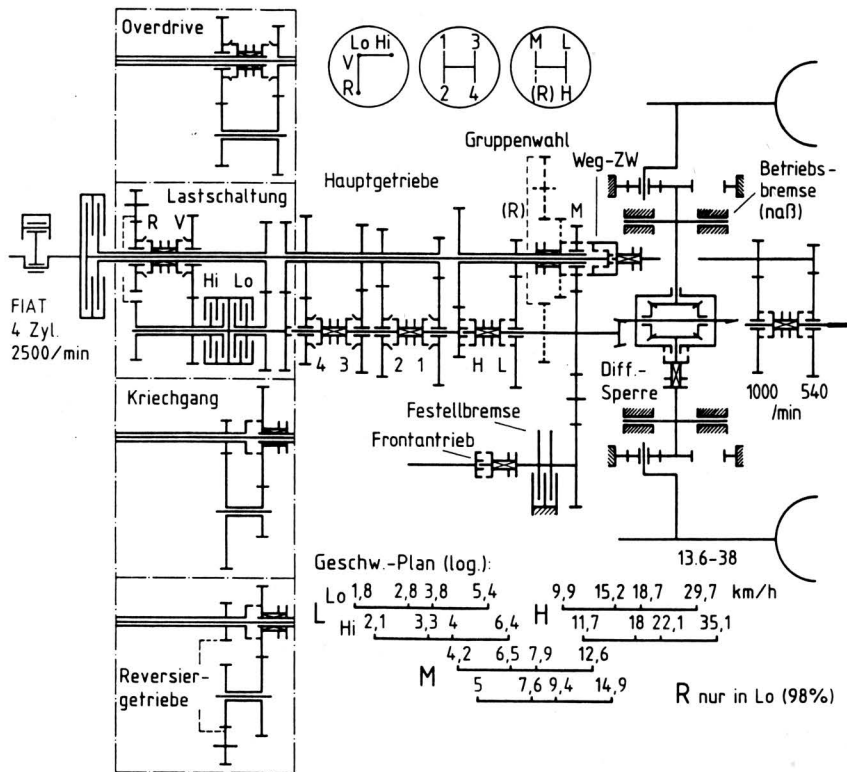


Bild 1. Fiat "Hi-Lo-Getriebe" 24/24 mit Zweifachlastschaltung; Vorstellung 1988 für die Traktormodelle 70–90 dt und 80–90 dt (51/59 kW); in der einfachen Version (12/4) und in Verbindung mit den Varianten Kriechganggruppe (20/8), Reversierstufe (12/12) und Overdrive (20/8) auch in der Baureihe "66" (33/41/44/48/51 kW) und in der unteren Baureihe "90" (41/44/51/59 kW); dargestellte Geschwindigkeiten für Typ 80–90 dt.

Das Baukastenprinzip ermöglicht eine hohe Flexibilität für eine bedarfsgerechte Ausstattung: Aufbauend auf einem einfachen 4 x 4 Basisgetriebe können durch austauschbare Varianten im vorderen Bauraum sehr unterschiedliche Praxisanforderungen abgedeckt werden. Die verschiedenen Ausführungen schließen sich jedoch gegenseitig aus – z.B. kann die Hi-Lo-Version nicht mit einer additiven Kriechganggruppe ausgestattet werden.

Die Einbaulage der V/R-Schaltung direkt hinter der Fahrkupplung wirkt sich anwendungstechnisch und konstruktiv positiv aus, da an dieser Stelle das für die Synchronisierung maßgebende Massenträgheitsmoment besonders gering ist. Schon mit relativ kleinen Synchronisationen wird eine bequeme Handhabung gewährleistet.

Die Hi-Lo-Schaltung arbeitet mit zwei im Ölbad laufenden Lamellenkupplungen, die hydraulisch betätigt werden. Mit einem relativ kleinen Stufensprung von 1,18 kann die Gangwahl feinstufig an die jeweiligen Erfordernisse (Zugkraftbedarf, Arbeitsgeschwindigkeit) angepaßt werden. Die maximale Nennfahrgewindigkeit liegt allerdings dadurch infolge der zweckmäßigen Fixierung eines 30 km/h-Ganges (EG-Richtlinien) bei nur etwa 35,5 km/h.

Beide Schaltstellen werden mit einem separaten Hebel (links neben dem Fahrersitz) betätigt. Die Rückwärtsgänge können dabei nur bei "Lo" eingelegt werden. Die korrespondierenden Geschwindigkeiten sind dann 2 % geringer als bei Vorwärtsfahrt – eine umgekehrte Tendenz wäre für das Frontladen günstiger.

Das Getriebe weist einen sehr eng gestuften Geschwindigkeitsplan auf, bei dem nicht weniger als 11 Gänge im Hauptarbeitsbereich (4–12 km/h) liegen. Bei schweren Transporten kann mit 9,9 km/h angefahren und ohne Gruppenwechsel hochgeschaltet werden.

Für die Hinterachse wurde das ursprüngliche Konzept mit Planetenendstufe und nasser Einscheibenbremse als Betriebsbremse beibehalten. Die Feststellbremse hat man als Teilscheibenbremse ausgeführt und an die zentrale Frontantriebswelle angebaut.

Die Zapfwelle wird direkt als Kernwelle nach hinten durchgeführt. Anstelle des früheren Zweistummelkonzepts mit autوماتischer Schaltung bei Stummelwechsel wurde das in Mitteleuropa inzwischen übliche Einstummelkonzept mit separater Schaltung auch hier eingeführt. Der Betätigungshebel befindet sich außerhalb der Kabine am Heck des Traktors. Die auf Wunsch verfügbare Wegzapfwelle und der zentrale Frontantrieb gehen von der Kegelritzelschleife aus. Bei der leistungsschwächeren Baureihe "66" (Typen 45–66/55–66/60–66/65–66/70–66 mit 33/41/44/48/51 kW) wird eine Hinterachse in Portalbauart mit Stirnradendtrieb verwendet. Die Betriebsbremse ist als nasse Mehrscheibenbremse ausgeführt.

3.2.2 Steyr "Synchron-Wendegetriebe" für die Traktorenbaureihe "80"

Auf der Agritechnica 1987 stellte die Steyr-Daimler-Puch AG als erste Traktorenfirma für das "Synchron-Wendegetriebe", **Bild 2**, eine unter Last schaltbare Splitstufe vor, die automatisch betätigt werden kann [12, 13]. Die Grundversion wurde 1979 mit den Traktoren der Serie "80" eingeführt. Sie arbeitete mit 16/8 Gängen (16/16 bei eingebauter Kriechganggruppe), 30 km/h Endgeschwindigkeit und einer umschaltbaren Zweifachzapfwelle für die Normdrehzahlen. Eine seitliche Mähzapfwelle und eine gruppenabhängige Wegzapfwelle waren auf Wunsch möglich. 1984 kamen weitere neue Varianten hinzu: Eine unter Last schaltbare Splitgruppe, 40 km/h-Version (Split ins Schnelle), Synchronisation der Reversierstufe und umschaltbare 4fach-Zapfwelle (Sparzapfwelle). Zur Zeit wird das Getriebe in die Typen 8045/8055/8065/8075 mit (31/35/41/47 kW) und 8060/8070/8080/8090 mit (41/47/53/59 kW) eingebaut, die Lastschaltstufe allerdings nur in die beiden leistungsstärksten Versionen.

Der Motor treibt über eine Doppelkupplung zunächst die unter Last schaltbare Splitgruppe an. Unmittelbar danach folgt im Leistungsfluß die synchronisierte Reversierstufe (V/R) und dann das Hauptgetriebe mit vier ebenfalls synchronisierten Grundgängen. Dahinter sind noch die Gruppen H und L mit Klauenschaltung angeordnet. Schrägverzahnung im Fahrgetriebe sorgt für eine gute Tragfähigkeit der Stirnräder und vor allem für einen leisen Betrieb. Bei der Lastschaltung kann zwischen manueller (Kippschalter im Schalthebel) oder automatischer Betriebsart gewählt werden. Für letztere wird mittels entsprechender Sensoren die Motordrehzahl, die Einspritzdauer und die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit gemessen. Ein Bordcomputer errechnet aus diesen Daten für die gewünschte Fahrstrategie (Kraftstoffsparen oder Flächenleistung) den optimalen Gang und die dazugehörige Motordrehzahl. Bei Bedarf wird dann die Lastschaltung von der Elektronik automatisch ausgelöst. Dadurch wird der Fahrer entlastet und kann sich besser auf das Arbeitsgerät und auf das Lenken konzentrieren. Die Lastschaltstufe schließt die Kriechganggruppe oder die zusätzliche Vorschaltstufe aus und wird nur bei der 40 km/h-Version eingebaut.

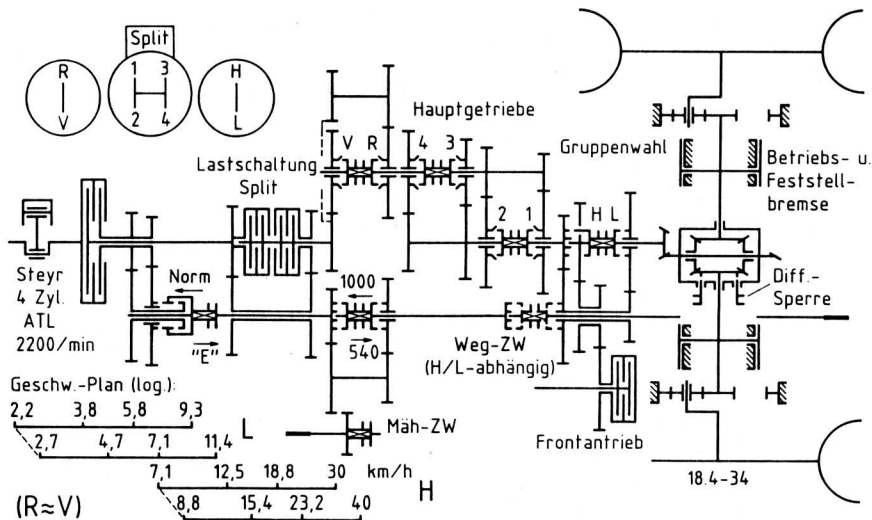


Bild 2. Steyr "Synchron-Wendegetriebe" 16/16 mit Zweifachlastschaltung und Vierfachzapfwelle; Vorstellung 1984 für die Traktormodelle 8080 und 8090 (53/59 kW); seit Ende 1987 mit automatischer Lastschaltung; Einbau ohne Lastschaltstufe (8/8), mit wahlweiser Vorschaltgruppe (16/8) und Kriechganggruppe (16/16 bzw. 32/16) in die Typen 8045/8055/8065/8075 (31/35/41/47 kW) und 8060/8070/8080/8090 (41/47/53/59 kW); dargestellte Geschwindigkeiten für Typ 8090.

Die Stufung ist über den gesamten Geschwindigkeitsbereich (2,2 bis 40 km/h) ziemlich gleichmäßig mit einer Doppelbelegung im Hauptarbeitsbereich. Bei Transporten kann man von einer relativ niedrigen Geschwindigkeit (7,1 km/h) bis zur höchsten mit nur einem Hebel durchschalten. Die korrespondierenden Geschwindigkeiten vorwärts/rückwärts sind praktisch gleich groß.

Für die Hinterachse verwendet man ein bewährtes Konzept mit Planetenendtrieb und groß dimensionierten Innenbackenbremsen für die Betriebs- und Feststellbremse. Die Differentialsperr arbeitet mit Stiftschaltung. Der zentrale Frontantrieb wird von der Kegelritzelwelle abgenommen und über eine nasse Lamellenkupplung zugeschaltet.

Der umfangreiche Baukasten für die Zapfwelle ist ein weiteres charakteristisches Merkmal für dieses Getriebe. Neben der serienmäßigen umschaltbaren Zweifachzapfwelle (540 und 1000 min⁻¹) erlaubt die wahlweise disponierbare "Economy"-Zapfwelle (siehe "E") zwei weitere Overdrive-Drehzahlen vom gleichen Stummel. Dadurch können leichte Zapfwellenarbeiten bei verminderter Motordrehzahl kraftstoffsparend und leise durchgeführt werden. Über eine seitliche Mähzapfwelle zwischen den Achsen ist (auf Wunsch) auch in einfacher Weise mit einer Gelenkwelle eine Frontzapfwelle realisierbar. Bei einem alternativen Konzept wird die Frontzapfwelle am vorderen Kurbelwellenende über eine Lamellenkupplung und ein Reduktionsgetriebe angetrieben. Die gruppenabhängige Wegzapfwelle (nur in Gruppe L schaltbar) kann im Stationärbetrieb zusätzlich mit vier verschiedenen Drehzahlen in beiden Drehrichtungen betrieben werden.

3.2.3 Massey-Ferguson Vollsynchron-Reversiergetriebe

1987 stellte Massey-Ferguson mit der neuen Mittelklasse-Traktorenbaureihe 3000 (50–79 kW) auch ein völlig neues Getriebe vor, **Bild 3.** Das Konzept mit serienmäßig 32 Vorwärts- und ebensovielen Rückwärtsgängen wurde in [1] bereits kurz besprochen. Es kann als gutes Beispiel für eine ganze Reihe der eingangs besprochenen Entwicklungstendenzen gelten [14].

Das Fahrgetriebe, das über eine einfache trockene Kupplung angetrieben wird, gliedert sich in 4 Bereiche: Lastschaltung, "Gruppenvorbahlgetriebe" mit Reversierstufe, Hauptgetriebe mit vier feingestufteten Grundgängen und schließlich das Gruppenwahlgetriebe. Zusätzlich kann auf Wunsch noch eine Kriechganggruppe eingebaut werden.

Besonderer Wert wurde auf eine gute und bequeme Handhabung gelegt. Alle 32/32 Gänge können mit zwei Schalthebeln und einem Schalter betätigt werden. Sperrsynchrosierung aller Schaltstellen, hydraulische und elektrohydraulische Betätigung aller Gruppen und die Lastschaltstufe sorgen für eine gute Schaltbarkeit. Ebenso angenehm per Knopfdruck schaltbar sind Zapfwelle, Frontantrieb und Differentialsperr. Die aktuellen Schaltstellungen werden an der Instrumententafel angezeigt.

Neben der Entwicklung eines flexiblen Baukastensystems war auch eine wirtschaftliche Fertigung und Montage des Getriebes ein wichtiges Ziel. Daraus ergaben sich einige interessante konstruktive Lösungen: So hat das Schaltgetriebegehäuse eine einfache zylindrische Form mit einer relativ glatten Außenfläche erhalten. Durch das Zweiwellenkonzept wird der Bearbeitungsaufwand für das Gehäuse und die Anzahl der Lager reduziert. Lastschaltstufe und Kriechganggruppe sind komplette Baueinheiten, die problemlos in das Basisgetriebe (auch nachträglich) eingebaut werden können. Für die 30- bzw. 40 km/h-Version braucht man nur den Radsatz in der Lastschalteinheit umzudrehen. Über ein kleines Doppelzahnrad und eine etwas aufwendigere Schaltkinematik wurden ohne zusätzlichen Bauraum im Bereich der Gruppen A und B die Rückläufe erreicht. Um bei einem Gruppenwechsel A/B, der hydraulisch bei Schaltgassenwechsel erfolgt, die sinnfällige Schaltrichtung für die Reversierung (Schalthebel nach vorne für V) beizubehalten, muß allerdings für die Schaltstelle S1/S2 die Schaltkinematik im Getriebe umgekehrt werden (siehe Funktionstabelle). Die elektrohydraulische Betätigung der Gruppen H und L mit dem Hauptschalthebel gewährleistet, daß der Wechsel nur in Neutralstellung im Hauptgetriebe erfolgen kann. Des Weiteren läßt eine Elektronik die Einleitung der Schaltung nur innerhalb einer vorgegebenen Differenzdrehzahl zu. Die Synchronisationen können dadurch entsprechend klein dimensioniert sein.

Im Interesse eines guten Wirkungsgrades wird anstelle der herkömmlichen Tauchschmierung eine Zentralschmierung verwendet. Dazu wird das Rückflußöl der Traktorhydraulik gezielt zu den Schmierstellen (Zahnräder, Synchronisationen, Lager, usw.) geführt.

Die 32 Gänge sind über den gesamten Geschwindigkeitsbereich (2,2–40 km/h) sehr gleichmäßig verteilt. Daraus ergibt sich ein sehr kleiner mittlerer Stufensprung von ca. 1,1. Die korrespondierenden Rückfahr Geschwindigkeiten sind in der Gruppe A um 7 % schneller, in der Gruppe B konstruktionsbedingt um 7 % langsamer. Frontladerarbeiten erfolgen aber gerade in diesem Geschwindigkeitsbereich [15]. Etwas störend wirkt auch die Zweihelbetätigung bei Transportfahrten. Mit eingebauter Kriechganggruppe, die nur in L eingeschaltet werden kann, stehen 48/48 Gänge (ab 0,5 km/h) zur Verfügung.

Das hinter dem Differential liegende Zapfwellengetriebe mit vier Drehzahlen wird über eine Kernwelle, die durch das ganze Getriebe hindurch geht, angetrieben und mit einer nassen Lamellenkupplung zugeschaltet. Ein Vorteil der hintenliegenden Kupplung besteht im Anbau von Hydraulikpumpen am Getriebe. Eine Wegzapfwelle ist auf Wunsch möglich. Im ausgerückten Zustand wird die Schmierölaufuhr zur Zapfwellenkupplung unterbrochen, um die Schleppmomente zu minimieren. Eine separate Zapfwellenbremse verhindert das Mitdrehen des Stummels.

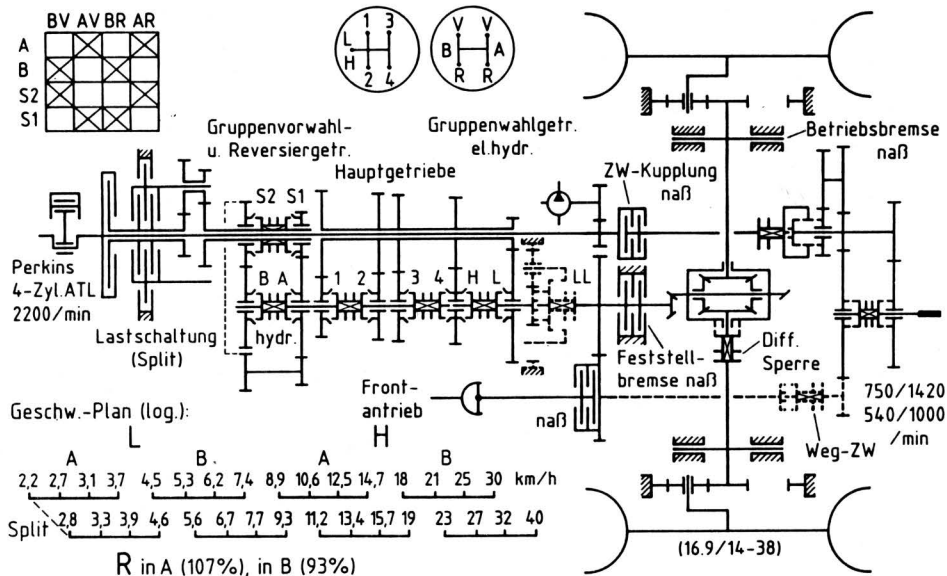


Bild 3. MF "Vollsynchron-Reversiergetriebe" 32/32 (mit Kriechganggruppe 46/46) mit Zweifachlastschaltung; vorgestellt 1987 mit der neuen Traktorenbaureihe "3000" (50/57/67/71/79 kW); dargestellte Geschwindigkeiten für Typ 3080.

Bei der Hinterachse verwendet man Planetenendantriebe, nasse Einscheibenbremsen für die Betriebsbremse und eine elektrohydraulisch geschaltete Klauendifferentialsperre, die sich auch unter voller Last ausrücken lassen soll (Klauenflächen nicht parallel, Ausrückfeder). Der Kegeltrieb weist einen kleinen, bei Traktoren bisher nicht üblichen Achsversatz auf. Dies wirkt sich positiv auf das Geräuschverhalten und auf die Festigkeit aus [16]. Neben Zapfwellenantrieb und Ausgleichsgetriebe sind noch folgende Baugruppen im Zentralgehäuse der Hinterachse untergebracht: die komplette Traktorhydraulik (Pumpen, Ventile, Filter, etc.), die Feststellbremse auf der Kegelritzelwelle und der zentrale Frontantrieb. Dieser wird mit nur einem Zahneingriff von der Kegelritzelwelle abgenommen und über eine nasse Lamellenkupplung elektrohydraulisch zugeschaltet.

Ein weiterer Schwerpunkt dieses Getriebes ist die umfangreiche Anwendung der Elektronik für Kontroll- und Schaltfunktionen (einige davon automatisiert), die den Fahrer bei der Arbeit entlasten soll. Die Voraussetzungen dafür wurden durch elektrohydraulische Stellglieder geschaffen. So wird beim Einkuppelvorgang der Zapfwelle der Drehmomentaufbau so gesteuert, daß unabhängig vom Anlaufmoment die Beschleunigung des Zapfwellengerätes konstant ist. Die Zapfwelle wird automatisch abgeschaltet bei Überlast (Rutschen der Kupplung) oder bei überhöhter Drehzahl (Sparzapfwelle). Der Frontantrieb wird automatisch zugeschaltet,

wenn die Differentialsperre oder die Bremse betätigt wird, sowie bei abgestelltem Motor. Bei einer Geschwindigkeit über 14 km/h wird der Allradantrieb abgeschaltet. Die Differentialsperre wird bei einer Geschwindigkeit über 14 km/h oder bei Bremsbetätigung gelöst. Sie wird automatisch ausgerückt oder zugeschaltet, wenn die Dreipunkthydraulik angehoben oder abgesenkt wird.

3.2.4 Same "Synchro Power"-Wendegetriebe für die Traktorenbaureihe "Explorer"

Im Herbst 1988 stellte Same mit der neuen Mittelklasse-Traktorenbaureihe "Explorer II" auch eine unter Last schaltbare Splitstufe im "Synchro Power"-Wendegetriebe vor, **Bild 4**. Das Wendegetriebe ohne Lastschaltstufe wurde 1983 in den "Explorer"-Typen 55 und 65 (40/48 kW) vorgestellt und konnte von der Gangzahl her sehr unterschiedlich bestückt werden (16/16, 24/12, 32/16, 15/15 und 20/20 Gänge).

Durch die zusätzliche "Hi-Lo"-Lastschaltung, die man als eine geschlossene Baueinheit im Getriebegehäuse anflanscht, wird die Gangzahl auf maximal 40/40 verdoppelt. Charakteristisch für dieses Getriebe ist das 4-Wellen-Konzept. Der erste Wellenstrang beinhaltet die Schaltgetriebeeingangswelle mit der einfachen trockenen Fahrkupplung und der synchronisierten Reversierstufe sowie eine Kernwelle, die über eine hydraulisch geschaltete Lamellenkupplung zum hintenliegenden Zapfwellengetriebe führt. Dieses Konzept erlaubt den vorteilhaften Anbau von unabhängigen Hydraulikpumpen im Getriebe.

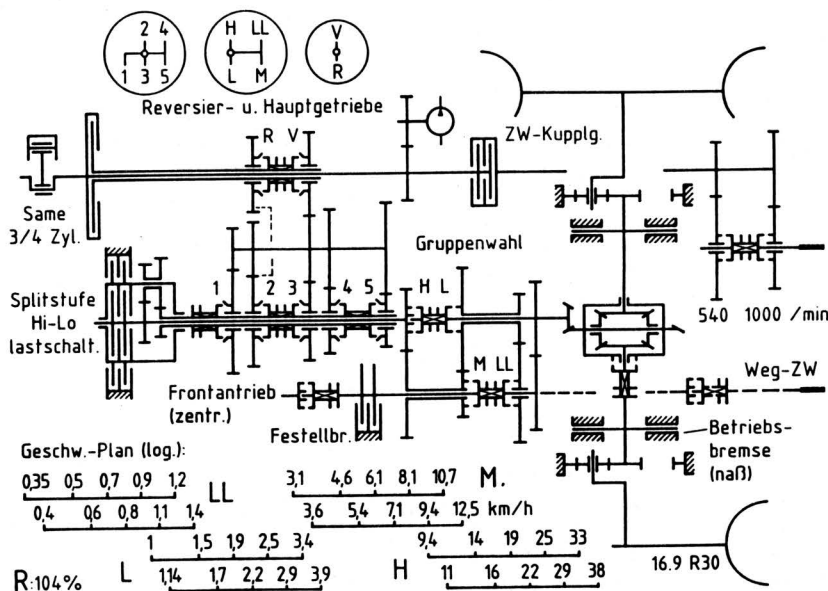


Bild 4. Same "Synchro Power"-Wendegetriebe 40/40 (bei voller Bestückung) mit "Hi-Lo"-Lastschaltung (Vierfachzapfwelle auf Wunsch); im Herbst 1988 vorgestellt für die Traktorenbaureihe "Explorer II" mit den Typen 60 (3 Zyl., 44 kW), 70, 80 (4 Zyl., 52/59 kW) und 90 (4 Zyl. AT, 65 kW); Geschwindigkeiten für den Typ Explorer II 60.

Von der V/R-Schaltung geht der Leistungsfluß über die Vorgelegewelle zur Haupttriebewelle mit fünf synchronisierten Grundgängen und der "Hi-Lo"-Lastschaltstufe. Daran schließt sich das Gruppenwahlgetriebe an. Zur Realisierung der vier Gruppen LL, L, M und H wird die zentrale Frontantriebswelle sowie der zugehörige Stirnradsatz mitbenutzt. Im übrigen ist (wahlweise) eine kostengünstige Wegzapfwelle mit Extrastummel disponierbar. Die umschaltbare Motorzapfwelle bietet serienmäßig die Normdrehzahlen 540 und 1 000 min^{-1} . Zusätzlich ist auf Wunsch auch eine Sparzapfwelle mit 750 und 1 250 min^{-1} verfügbar (nicht dargestellt).

Die Hinterachse arbeitet mit Planetenendantrieben, nassen Einscheibenbremsen (Betriebsbremse) und Differentialsperre mit Stiftschaltung. Die Feststellbremse — als nasse Teilscheibenbremse ausgeführt — befindet sich auf der Antriebswelle für die Allradachse.

Für den Geschwindigkeitsplan ergibt sich bei 40 Gängen ein sehr feingestuftes Konzept von 0,35 bis 38 km/h. Im Hauptarbeitsbereich sind jedoch nur 10 Gänge verfügbar. Bei Transportfahrten kann von 9,4 km/h bis zur Höchstgeschwindigkeit durchgeschaltet werden. Die korrespondierenden Geschwindigkeiten rückwärts sind um 4 % höher als vorwärts. Die Lastschaltung wurde gleichzeitig auch bei der Traktorenfirma Lamborghini eingeführt, die neben Hürlimann zur Same-Gruppe gehört.

3.3 Stufengetriebe für Traktoren der oberen Leistungsklasse

In diesem Abschnitt werden Weiterentwicklungen für zwei europäische Getriebe und für ein Getriebe aus den USA besprochen: Schlüter und Fiat führten Teil-Lastschaltung ein, während Case-IH ein Voll-Lastschaltgetriebe entwickelte.

3.3.1 Zweistufenlastschaltung der Motorenfabrik Schlüter für das Getriebe ZP T 3000

Bereits 1966 wurde die erste Version der Getriebebaureihe T 3000 der Zahnradfabrik Friedrichshafen vorgestellt. Seitdem wurden über 100 000 Stück in Traktoren verschiedenster Fabrikate in der oberen Leistungsklasse eingebaut (bis 150 kW) [5]. Einige Traktorenhersteller haben dieses Konzept mit modernen Zusatzkomponenten erweitert, um neue Praxisanforderungen und -wünsche abzudecken. So hat Schlüter 1988 eine eigene Zweistufenlastschaltung eingeführt, **Bild 5** [17].

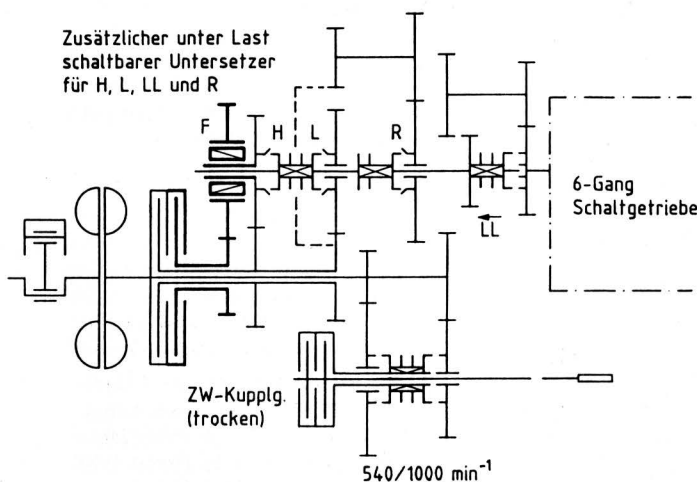


Bild 5. Zweistufen-Lastschaltung der Bauart Schlüter für Getriebe der ZP-Baureihe "T 3000"; Vorstellung Ende 1987; Einbau in Schlüter Traktoren und Tracs von 66 bis 147 kW ab 1988.

Die Grundversion mit 3 synchronisierten Gruppen (H, L, R) und 6 teilsynchronisierten Gängen hat 12/5 Gänge, mit Kriechganggruppe 20/9.

Zur Lastschaltung benutzt Schlüter die herkömmliche trockene Doppelkupplung in Verbindung mit einem Freilauf und einer zusätzlichen Stirnradstufe. Die Zapfwelle wird — wie auch bei Fendt üblich — mit einer separaten Lamellenkupplung geschaltet.

Beim Anfahren werden zunächst beide Kupplungen geschlossen. Wird die Lastschaltung über den Druckknopf im Schalthebel betätigt, öffnet sich die vordere Kupplung. Der Kraftfluß geht nun über die hintere Scheibe und den Freilauf zur Getriebeeingangswelle. Die Eingangsdrehzahl wird dabei um 24 % reduziert. Ein elektronischer Schaltkreis überwacht die Drehzahl und schaltet bei Schubfahrt gegebenenfalls automatisch in die feste Stufe zurück.

Die Lastschaltstufe verdoppelt die Anzahl der Gänge auf 24/12 bzw. 40/20 mit Kriechgängen. Die Vorteile, die sich daraus für den Geschwindigkeitsplan ergeben, liegen in der guten Stufungsverdichtung im Hauptarbeitsbereich, in der hervorragenden Tauglichkeit für Dauerrückfahrt durch sehr fein gestufte Rückläufe und schließlich in der bequemen Handhabung für Transportfahrten durch Einhebelbetätigung. Die Lastschaltvariante wird von Schlüter für Traktoren von 66 bis 147 kW angeboten und erfreut sich nach Werksangaben steigender Beliebtheit.

3.3.2 Fiat "Power-Shift"-Getriebe für die obere Traktorenbaureihe 90

Seit 1986 bietet auch Fiat in der oberen Leistungsklasse eine Vierfachlastschaltung an, die auf Wunsch anstelle der 4 synchronisierten Grundgänge in das Seriengeräte eingebaut werden kann, **Bild 6**. In der Wendegeräteversion mit 16/16 Gängen können die Traktortypen 130-90/140-90/160-90 und 180-90 mit 96/103/120/133 kW damit ausgerüstet werden. Für den leistungsschwächsten Typ (115-90 mit 85 kW) dieser Baureihe wird sie nicht angeboten [11].

Eine einfache Trockenkupplung, die nicht betätigt werden kann und lediglich als Überlastsicherung dient, verbindet den 6-Zylinder-Motor mit dem Fahrgetriebe. Im vorderen Bauraum ist das vierstufige unter Last schaltbare Hauptgetriebe untergebracht. Daran schließt sich das Gruppenwahlgetriebe mit den vier synchronisierten Gruppen H, M₁, M₂ und L an. Die klauengeschalte Reversierstufe ist dahinter angeordnet.

Die hydraulisch gesteuerte Lastschalteinheit besteht aus einer Planetenstufe, zwei Stirnradsätzen und 4 Lamellenkupplungen. Im Interesse einer guten Schaltbarkeit für die nachfolgenden Synchronisationen wurde zusätzlich eine Getriebebremse (Bandbremse) vorgesehen. Bei Betätigung des Kupplungspedals werden sämtliche Lamellenpakete geöffnet, und der vordere Getriebeil wird von der Bremse gestoppt. Nach dem Gruppenwechsel wird automatisch der erste Gang im Hauptgetriebe eingelegt, was sich vorteilhaft für die Beschleunigung bei Straßentransporten auswirkt: Beim Übergang von M₂ auf H ist nur ein Hebel zu betätigen.

Für die Hinterachse wird das bei Fiat übliche Konzept mit Planetenendantrieben und nassen Einscheibenbremsen als Betriebsbremse verwendet. Die Feststellbremse (nasse Teilscheibenbremse) befindet sich auf der Kegelritzelwelle. Die Differentialsperren (vorn und hinten) arbeiten mit mechanisch-hydraulisch betätigten nassen Lamellen. Die hinten liegenden Radsätze der Zapfwelle werden über eine Kernwelle und eine Lamellenkupplung angetrieben. Der leistungstärkste Typ beschränkt sich auf eine Zapfwelldrehzahl von 1 000 min^{-1} , während die anderen mit beiden Normdrehzahlen ausgerüstet sind (Schaltung durch Stummelwechsel).

Die Zuschaltung des zentralen Frontantriebs über ein Schieberad ist zwar kostengünstig, unter Last jedoch nicht uneingeschränkt möglich. Die fehlende Überlastsicherung durch den Direktantrieb erfordert auch eine aufwendigere Achsdimensionierung. Wie kurz vor Drucklegung dieser Arbeit zu erfahren war, hat Fiatagri Anfang 1989 bei allen Traktormodellen für den Frontantrieb auf eine nasse, unter Last zuschaltbare Lamellenkupplung umgerüstet.

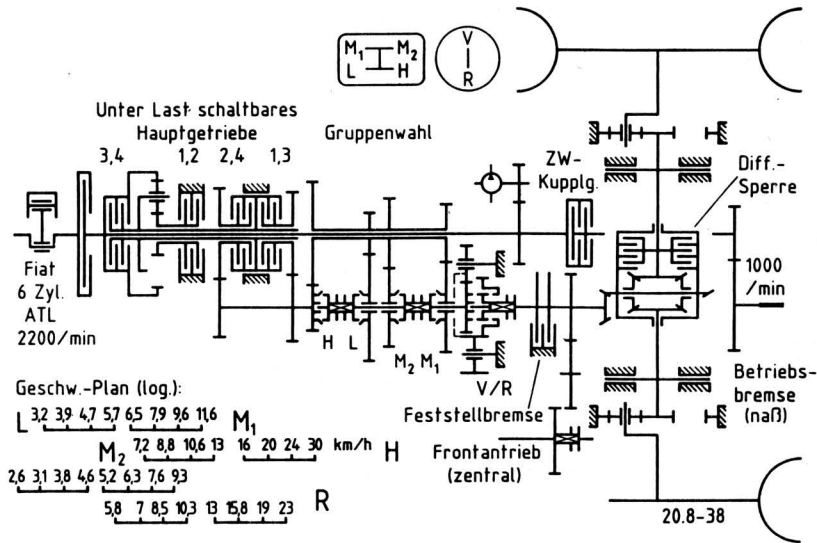


Bild 6. Fiat "Power-Shift-Getriebe 16/16 mit Vierfachlastschaltung; vorgestellt 1986 für die obere Baureihe "90" (96/103/120/133 kW); seit Anfang 1989 auch mit Kriechganggruppe 24/8; Grundversion mit vier synchronisierten Hauptgängen auch im Typ 115-90 (85 kW); dargestellte Geschwindigkeiten für Modell 180-90.

Die in [18] vorgeschlagene Geschwindigkeitsverteilung mit sehr feinen Stufen im Hauptarbeitsbereich und etwas größeren außerhalb wird von dem Getriebe gut erfüllt. In der Lastschaltversion beträgt die Höchstgeschwindigkeit nur 30 km/h. Die Handhabung bei Frontladerarbeiten wird durch die deutlich langsameren korrespondierenden Rückwärtsgänge und durch die Klauenschaltung etwas beeinträchtigt, was allerdings wegen des seltenen Frontladeranbaus in diesem Leistungsbereich wenig Bedeutung hat. Gut ist die Eignung für Dauerrückfahrt.

Inzwischen wird auch die anfangs angekündigte Version des Lastschaltgetriebes mit 24/8 Gängen und synchronisierter Rückwärtsganggruppe gebaut, im deutschen Markt aber nicht angeboten.

3.3.3 CASE-IH "Full Powershift-Getriebe" für große Traktoren der Baureihe "Magnum 7100"

Nach der Übernahme der International Harvester Co. durch die J.I. Case Co. Anfang 1985 wurde damit begonnen, im oberen Leistungsbereich eine neue Traktorenbaureihe zu entwickeln. Sie sollte die unter sehr hohem Kostenaufwand [19] entstandene Baureihe "88" von IH ablösen, obwohl diese erst 1981 im Markt eingeführt worden war. 1982 hatte jedoch der Hauptwettbewerber im gleichen Leistungsbereich ein durch 15 Gänge unter Last schaltbares Getriebe vorgestellt [20]. Deshalb entschied man sich zu einer Umkonstruktion des "Synchro-Tri-Six"-Getriebes [3].

Ende 1987 wurde dann von Case-IH die Traktorenbaureihe "Magnum 7100" (97-145 kW Zapfwellenleistung) in den USA vorgestellt [21]. Mit 18 durchgehend unter Last schaltbaren Gängen weist dieses Getriebe nun die für diese Bauart größte bisher realisierte Gangzahl auf.

Aus dem in Bild 7 dargestellten Getriebeplan ist das frühere Konzept mit der zentral angeordneten nassen Hauptkupplung noch gut zu erkennen. Die hintenliegende Rückwärtsganggruppe wurde durch einen Rückwärtsgang im Hauptgetriebe ersetzt (aus Platzgründen), und anstelle der Synchronisationen wurden Lamellenkupplungen eingebaut. Alle 10 hydraulisch betätigten Schaltkupplungen unterscheiden sich nur in der Anzahl der Lamellen, ansonsten sind sie baugleich. Tellerfedern zwischen Hydraulikkolben und Lamellen sollen für einen weichen Schaltvorgang sorgen. Die Schaltung erfolgt über ein hydraulisches Steuerventil, das von der Kabine aus betätigt wird, - beim Vorgängermodell war dies elektrohydraulisch gelöst. Die Hauptkupplung wird automatisch beim Anfahren, beim Überspringen mehrerer Gänge und generell ab dem 14. Gang in den Schaltvorgang miteinbezogen.

Die Stufung vorwärts ist über den gesamten Geschwindigkeitsbereich (2,9-31 km/h) sehr gleichmäßig. Die Rückwärtsgänge, die nur in Verbindung mit der Gruppe L eingelegt werden können, sind dagegen mit zwei Geschwindigkeiten nur schwach besetzt. Mit der am Getriebeeingang disponierbaren Kriechganggruppe stehen zusätzlich 6 unter Last schaltbare Vorwärts- (0,8-3,4 km/h) und ein Rückwärtsgang zur Verfügung.

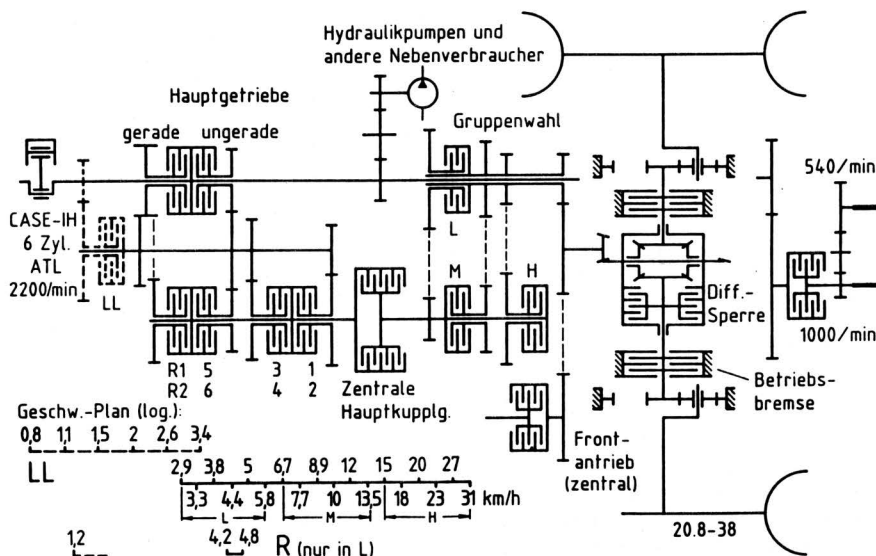


Bild 7. Case-IH "Full Powershift-Getriebe" 18/2 (mit Kriechganggruppe 24/3); Vorstellung USA Ende 1987 mit der neuen Traktorenbaureihe "Magnum 7100" (97/112/127/145 kW Zapfwellenleistung); Weiterentwicklung des Vorgängergetriebes "IH Synchro-Tri-Six" [3]; Einführung in der BRD 1989 geplant mit 24/6 unter Last schaltbaren Gängen (Version mit Kriechgang und R zusätzlich in M).

Die Baureihe umfaßt vier Modelle (7110/7120/7130/7140). Die beiden leistungsstärksten werden mit nur einem Zapfwellenstummel der Form 3 für 1000 min⁻¹ ausgerüstet, die beiden anderen mit zwei Stummeln der Form 2 für 540 und 1000 min⁻¹. Die Normdrehzahlen werden bei Motornennendrehzahl erreicht. Für 1989 ist die Einführung der Großtraktoren in der Bundesrepublik Deutschland geplant mit folgenden Änderungen gegenüber der USA-Version: Motorleistungen 114/127/143 und 169 kW; nur mit Kriechganggruppe; Rückwärtsgänge zusätzlich kombinierbar mit Gruppe M. Dadurch erhält das Getriebe 24/6 unter Last schaltbare Gänge.

3.4 Stufenlose Getriebe für Traktoren

Zusammenfassungen der jüngeren Entwicklungsgeschichte von stufenlosen Fahrtrieben wurden in [5, 22] vorgelegt. Frühe Versuche basierten auf hydrostatischen, mechanischen und hydrodynamischen Wandlern. Der wirtschaftliche Erfolg blieb jedoch allen versagt. Höhere Herstellkosten, schlechterer Wirkungsgrad, Geräuschprobleme, höherer Logistikaufwand und spezielle Anforderungen für Wartung und Reparatur waren die Hauptgründe dafür. Nur in speziellen Marktsegmenten, wie z.B. bei Gartentraktoren (USA), Kommunal- und Hoftraktoren, Baumaschinen und selbstfahrenden Erntemaschinen, wird der hydrostatische Wandler erfolgreich eingesetzt. Bei der Entwicklung von Traktorgetrieben lag daher in den vergangenen zwei Jahrzehnten die Betonung mehr auf unter Last schaltbaren Stufen.

Für andere Anwendungen gab es aber auch bei den stufenlosen Antrieben interessante Weiterentwicklungen. Vor allem die mechanischen Wandler (von PIV Reimers und von Doorne Transmissie), die nach dem Prinzip des Umschlingungsgetriebes mit einer Stahlgliederkette arbeiten, wurden technisch verbessert. Ihr Einbau in Pkw als sog. "CVT-Getriebe" (Continuously Variable Transmission) wurde untersucht [23, 24] und erfuhr erste Serienanwendungen bei Ford, Fiat und Subaru [22]. Von hohen Stückzahlen der Automobilindustrie könnte langfristig auch der Traktorenbau hinsichtlich der Kosten profitieren. Die Vorteile von stufenlosen Getrieben – optimale Geschwindigkeits- und Zugkraftanpassung – sind nach wie vor unbestritten. Ferner kommen sie dem derzeitigen Trend zur elektronischen Einsatzoptimierung von Traktor und Gerät sehr entgegen.

So haben zwei in den vergangenen Jahren vorgestellte Traktorkonzepte mit stufenlosen Antrieben die Diskussion über stufenlose Getriebe neu angeregt bzw. auch weitere Entwicklungstätigkeiten ausgelöst.

3.4.1 "30 kW-Forschungstraktor" mit Kettenwandler Bauart Reimers

Im Rahmen des Forschungsprojekts "Leiser Kleinschlepper" wurde an der Technischen Universität München ein 30 kW-Forschungstraktor entwickelt. Daran sollen neben der Geräuschreduzierung auch neue Antriebskomponenten entwickelt und erforscht werden, insbesondere ein bereichsweise stufenloser Fahrtrieb mit einem Kettenwandler der Bauart PIV-Reimers, Bild 8 [22, 25 bis 27].

Für eine möglichst geringe Geräuschemission war eine elastische Lagerung des Motors in einem Fahrzeugrahmen sowie eine als Kapsel ausgebildete Motorhaube notwendig. Das starr mit der Hinterachse verbundene Getriebe wird über eine homokinetische Gelenkwelle und eine herkömmliche Trockenkupplung angetrieben. Dem stufenlosen Kettenwandler am Getriebeeingang mit einem Wandlungsbereich von 1 : 5 ist ein Gruppenwahlgetriebe mit einer Rückwärts- und 2 Vorwärtsganggruppen nachgeordnet. Die Reversierschaltung L/R ist synchronisiert.

Der Kettenwandler der neuen Generation baut gegenüber einer früher bei Traktoren versuchsweise angewendeten Ausführung [28] wesentlich kompakter, arbeitet nahezu verschleißfrei und weist einen noch besseren Wirkungsgrad auf. Über einen mecha-

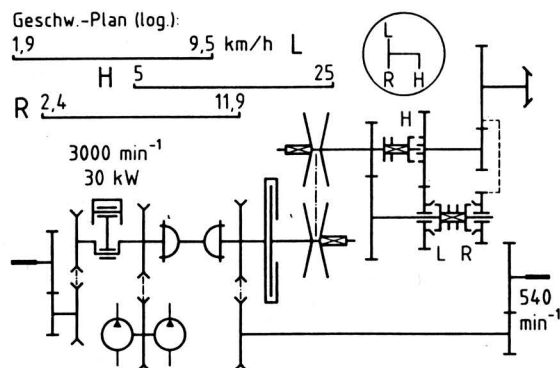


Bild 8. Stufenloses Getriebe für den "30 kW-Forschungstraktor"; vorgestellt am 25.2.1988 vom Institut für Landmaschinen der Technischen Universität München; Wandler Bauart PIV Reimers.

nisch-hydraulischen Drehmomentfühler wird die Anpresskraft zwischen den Keilscheiben und der Kette an die Last angepaßt. Niedrige Verluste, kurze Verstellzeiten und geringe Betätigungskräfte sind die Vorteile. Die Geschwindigkeitsbereiche weisen bei der konstruktionsbedingten Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h eine gute Überdeckung auf. Um gute Voraussetzungen für den Frontladereinsatz zu schaffen, ist der Rückwärtsfahrbereich schneller als der zugehörige Vorwärtsbereich.

Im Interesse niedriger Herstellkosten wird die Zapfwelle mit Keilriemen angetrieben und über eine Spannvorrichtung geschaltet. Die Hinterachse arbeitet mit Planetenantrieben und hydraulischen Trommelbremsen.

Insgesamt baut das Getriebe sehr kompakt und hat sich in etwa 400 Einsatzstunden (z.T. unter OECD-Testbedingungen) bisher sehr gut bewährt.

3.4.2 Fendt "Duospeed-Getriebe" für große Traktoren

Auf der Agritechnica 1987 stellte Fendt für die obere Baureihe "Favorit" (92–136 kW) das "Duo speed-Getriebe" vor [29, 30]. Es besteht aus zwei voneinander unabhängigen Antriebssystemen – einem hydrostatischen und einem hydrodynamisch-mechanischen, Bild 9. Dazu wird an das bei diesen Traktoren verwendete Stufengetriebe ZP T 3000 anstelle der Kriechgangbaugruppe ein Hydrokonstantmotor (Schrägschwenkmotor mit 40°) angeflanscht, der von einer frontseitig am Motor angebauten verstellbaren Schrägscheiben-Axialkolbenpumpe versorgt wird. Der hydrostatische Antrieb verfügt über einen eigenen Ölhaushalt und ein eigenes Kühlsystem.

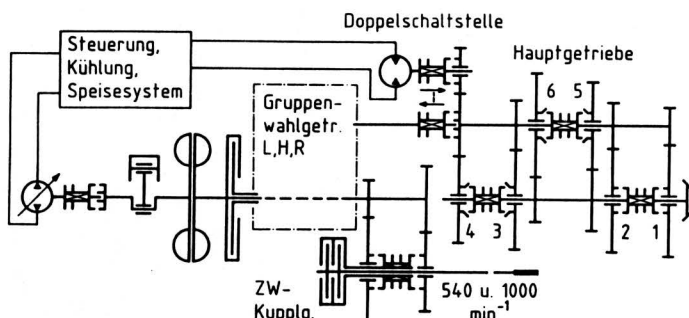


Bild 9. Fendt "Duo speed-Getriebe": Stufengetriebe ZP T 3000 mit hydrostatischem Alternativantrieb für die Traktoren der oberen Baureihe "Favorit"; vorgestellt Ende 1987.

In Verbindung mit den ersten 4 Grundgängen können 4 stufenlose Fahrbereiche (von 0 bis 20 km/h) vorwärts und rückwärts vorgeählt werden. Bei schweren Zapfwellenarbeiten (z.B. Häckseln, Rübenroden, Pressen, Bodenbearbeitung) und bei Arbeiten mit extrem niedrigen Fahrgeschwindigkeiten bietet dieser Antrieb anwendungstechnische Vorteile – vor allem auch bei Rückfahrbetrieb.

Im Interesse eines guten Wirkungsgrades wird bei schweren Zugarbeiten und Transportfahrten auf das verlustarme Stufengetriebe mit Strömungskupplung oder wahlweise lieferbarem hydrodynamischem Wandler umgeschaltet. Dazu wird der Ölmotor über eine Klauenschaltung stillgelegt. Ebenso kann die Pumpe abgekuppelt werden, wenn der Hydrostat über längere Zeit nicht gebraucht wird (Saisonschaltung). Eine Frontzapfwelle ist nicht mehr verfügbar.

4. Zusammenfassung

Nach einleitender Darstellung der Rahmenbedingungen für die Neuentwicklung von Traktorgetrieben werden zunächst die derzeitigen Entwicklungsschwerpunkte angesprochen: Verbesserung der Handhabung, Ausbau der Grundfunktionen im Fahrgetriebe, Baukastensysteme, Optimierung des Wirkungsgrades und Erleichterung von Wartung und Reparatur. Anschließend erfolgt eine Beschreibung von ausgeführten Konzepten, die sich im Aufbau an früheren Arbeiten orientiert. Getriebe mit unter Last schaltbaren Gängen sind nach einigen Jahrzehnten weitgehender Stagnation jetzt deutlich im Vordringen, insbesondere auch in der Mittelklasse. Vorgestellt werden Getriebe von Fiat, Steyr, Same und MF. Im oberen Leistungsbereich werden Entwicklungen von Fiat, Schlüter und IH-Case dargelegt. Die Elektronik übernimmt immer mehr Schalt- und Steuerfunktionen. Die 40 km/h-Technik hat sich im Inland durchgesetzt. Schließlich werden zwei Konzepte stufenloser Getriebe besprochen, wovon eines in den Prototyp eines Forschungstractors eingebaut wurde.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] *Renius, K.Th., W. Söhne u. H. Reiter*: Traktoren 1987/88. Automobilt. Zeitschr. (ATZ) Bd. 90 (1988) Nr. 5, S. 221/32.
- [2] *Wildemann, H.*: Sinkende Stückzahlen – steigende Variantenzahlen: Ein lösbarer Zielkonflikt? Landtechnik Bd. 44 (1989) Nr. 1, S. 12/18.
- [3] *Renius, K.Th.*: Neuere Getriebeentwicklungen bei Ackerschleppern. Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 3, S. 132/42.
- [4] *Okamoto, M., M. Kinoshita u. S. Machida*: The Kubota power synchroshift transmission. SAE-Paper 881288 (1988).
- [5] • *Renius, K.Th.*: Traktoren. 2. Aufl. München: BLV-Verlag, 1987.
- [6] *Renius, K.Th.*: Die neueren Getriebeentwicklungen bei Ackerschleppern. Teil 1: Stufengetriebe, Teil 2: Stufenlose Getriebe. VDI-Z. Bd. 115 (1973) Nr. 11, S. 930/36 (Teil 1) und Nr. 13, S. 1067/71 (Teil 2); (darin 46 Lit.).
- [7] *Reiter, H.*: Leerlaufverluste bei nassen Scheibenbremsen für Traktoren. Vortrag VDI/MEG-Tagung Landtechnik, 23./24.10.1986, Neu-Ulm.
- [8] *Wendel, G.*: Reparaturkostenuntersuchungen an Ackerschleppern. Vortrag VDI/MEG-Tagung Landtechnik, 27./28.10.1988, Neu-Ulm.
- [9] *Morris, J.*: Estimation of tractor repair and maintenance costs. J. agric. Engng. Res. Bd. 41 (1988) Nr. 3, S. 191/200.
- [10] *Renius, K.Th.*: Grundkonzeptionen der Stufengetriebe moderner Ackerschlepper. Grundl. Landtechnik Bd. 18 (1968) Nr. 3, S. 97/106.
- [11] Firmenschriften der Fiatagri Deutschland GmbH, Heilbronn, 1988.
- [12] Firmenschriften der Steyr Daimler Puch AG, St. Valentin, 1988.
- [13] *Christian, H. u. K. Wichart*: Optimierung des Traktoreinsatzes durch Elektronik. Vortrag VDI/MEG-Tagung Landtechnik, 27./28.10.1988, Neu-Ulm.
- [14] Firmenschriften der Massey Ferguson GmbH, Eschwege, 1987.
- [15] *Renius, K.Th.*: Erhöhte Arbeitsgeschwindigkeiten und Schleppertechnik: Wo liegen die Grenzen? Landtechnik Bd. 38 (1983) Nr. 11, S. 466/69.
- [16] • *Niemann, G. u. H. Winter*: Maschinenelemente. Band III, 2. Aufl. Berlin-Heidelberg: Springer 1983.
- [17] Firmenschriften der Motorenfabrik Anton Schlüter, München, 1987.
- [18] *Renius, K.Th.*: Festlegung der Getriebeabstufung von Ackerschleppern nach Fahrgeschwindigkeitskollektiven. Grundl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 1, S. 7/15.
- [19] *Fogarty, B.*: IH: Five two-wheelers, 90 to 185 hp. Implement & Tractor Bd. 96 (1981) Nr. 21, S. 26/29.
- [20] *Haight, R.E.*: The John Deere 15-speed powershift transmission. SAE-Paper No. 821063 (1982).
- [21] *Ketterling, E., J. Lemke u. J. Horsch*: New series of large row crop tractors from Case IH. SAE-Paper No. 871641 (1987).
- [22] *Logos, J.N.*: Chancen von stufenlosen Getrieben für Traktoren und Landmaschinen. Vortrag Arbeitskreis Landtechnik VDI-BV Köln, 17.1.1989.
- [23] *Dittrich, O.*: Stufenlose Getriebe für Personenkraftwagen. antriebstechnik Bd. 27 (1988) Nr. 5, S. 68/77.
- [24] *Simon, E. u. H. Röper*: CTX – stufenloses Automatikgetriebe für Pkw. Automobil-Industrie Bd. 33 (1988) Nr. 4, S. 407/12.
- [25] *Kirste, Th.*: Entwicklung eines Forschungstractors als Konzeptstudie für einen leisen Kleinschlepper. Vortrag VDI/MEG-Tagung Landtechnik, 27./28.10.1988, Neu-Ulm.
- [26] *Renius, K.Th.*: Einführung in das Forschungsprojekt "Leiser Kleinschlepper". Vortrag anlässlich der "Präsentation eines Forschungstractors", 25.2.1988, München.
- [27] *Kirste, Th.*: Die Technik des Forschungsfahrzeugs "Leiser Kleinschlepper". Vortrag anlässlich der "Präsentation eines Forschungstractors", 25.2.1988, München.
- [28] *Schneider, O.*: Stufenlos verstellbares Hochleistungsgetriebe für Ackerschlepper. Grundl. Landtechnik Bd. 16 (1966) Nr. 2, S. 60/65.
- [29] *Dziuba, H. u. H.J. Reisch*: Was ist ein Duospeed Schleppertriebwerk? Vortrag VDI/MEG-Tagung Landtechnik, 27./28.10.1988, Neu-Ulm.
- [30] Firmenschriften der Maschinen- und Schlepperfabrik Xaver Fendt & Co, Marktoberdorf 1988.