

Firmenpräsentation: Stufenlose Getriebe und Motormanagement

Neues stufenloses leistungsverzweigtes Traktorgetriebe

New Continuous Variable Power-Split Tractor Transmission

Robert Honzek, AGCO-Fendt, Marktoberdorf

Kurzfassung:

Der vorliegende Bericht behandelt den Aufbau und die Funktion eines hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigten Getriebes, das seit kurzem erstmalig in Serientraktoren eingesetzt wird. Ein Schwerpunkt der Ausführungen ist die detaillierte Darstellung der Getriebehydraulik und der elektronischen Getriebesteuerung. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten, die aus dem Einsatz eines derartigen Getriebes resultieren und bei den Serientraktoren konsequent umgesetzt wurden, vorgestellt.

Deskriptoren: Traktorgetriebe, Leistungsverzweigung, Getriebehydraulik, Getriebesteuerung.

Abstract: *The following article shows the structure and the function of a power-split transmission, which is the first to be used in series tractors. The article covers a detailed presentation of the hydraulics of the transmission and the electronic transmission control. Besides that, the chances that lie within the use of such a transmission and which are realized in the series tractors, are introduced.*

Keywords: *tractor transmission, power-split transmission, hydraulics of the transmission, transmission control.*

1. Einleitung

Um den Anforderungen an modernen Traktorgetrieben gerecht zu werden, ging es in der Traktorgetriebeentwicklung vom unsynchronisierten zum teil- und vollsynchronisierten Getriebe bis hin zur Teil- bzw. Volllastschaltung, die erstmals eine Geschwindigkeitsänderung ohne Kuppeln und ohne Kraftflussunterbrechung ermöglichte. Diese führte allerdings auch zu einer Vergrößerung der Anzahl Schaltstufen von bis zu 48 Vorwärts- und Rückwärtsgängen.

Eine logische Fortsetzung der Entwicklung stellt das stufenlose Getriebe dar, das ein Arbeiten mit dem Traktor an der Leistungsgrenze bei stufenloser Anpassung der Geschwindigkeit ohne Zugkraftunterbrechung erlaubt.

An der Realisierung solcher stufenloser Getriebe für Traktoren arbeitet man bekanntlich schon sehr lange.

Erste Überlegungen im Automobilbau gehen bis ins Jahr 1907 zurück (Renault).

Wissenschaftliche Untersuchungen bezüglich stufenloser Traktor-Fahrertriebe wurden allerdings erst nach dem 2. Weltkrieg durch Meyer [1] im Jahre 1959 bekannt.

Ein Durchbruch auf breiter Basis fand nicht statt, wenngleich in den letzten Jahrzehnten einige bemerkenswerte Entwicklungen betrieben wurden. Rein hydrostatische Fahrertriebe für Gartentraktoren hingegen, wurden besonders in den USA und Japan in großen Stückzahlen produziert.

Leistungsverzweigte Getriebe wurden in der letzten Zeit von den Firmen Claas (HM 8, vgl.[2]) sowie Steyr (S-matic, vgl. [3,4]) vorgestellt. Weitere Entwicklungen laufen, wurden aber noch nicht veröffentlicht.

2. Aufbau und Funktion des stufenlosen Getriebes

Grundsätzlich zeichnen sich zwei Entwicklungsrichtungen für hydrostatisch leistungsverzweigte Traktortriebwerke ab:

1. Einsatz von Hydrostateinheiten größerer Leistungen ohne zusätzliche Schaltstufen mit Sekundärkoppelung und Fahrbereichen.
2. Einsatz kleinerer Hydrostateinheiten, jedoch mit 4 bis 8 nachgeschalteten Gängen.

Im Hause Fendt haben wir uns für die erste Entwicklungsrichtung entschieden, um der Problematik der nachfolgenden Schaltstufen während der Arbeit und des Reversierens des Traktors aus dem Wege zu gehen.

Voraussetzung für diese Entwicklungsrichtung waren allerdings spezielle hydrostatische Einheiten, die auf dem Markt nicht verfügbar waren.

Die Anforderungen an diese Hydrostaten sind:

- extrem hoher Wirkungsgrad
- große Schwenkwinkel
- hohe Laufruhe
- vertretbare Herstellkosten
- Herstellbarkeit ohne Maschineninvestition
- Möglichkeit des integrierten Einbaus
- gute Regelbarkeit
- Möglichkeit des Reversierens ohne Schaltelemente

Es wurde entschieden, diese Hydrostateinheiten zunächst im eigenen Hause zu entwickeln, bis ein geeigneter Entwicklungspartner gefunden wurde, der auch in der Lage sein musste, diese qualitativ hochwertigen Produkte zu fertigen.

Eine gute Zusammenarbeit entwickelte sich zwischen den Häusern Sauer-Sundstrand (vgl.[5]) und Fendt für diese wichtige Basiskomponente. **Bild 1** zeigt ein Schnittbild der entwickelten Hydrostateinheit mit einem maximalen Schwenkwinkel von 45°.

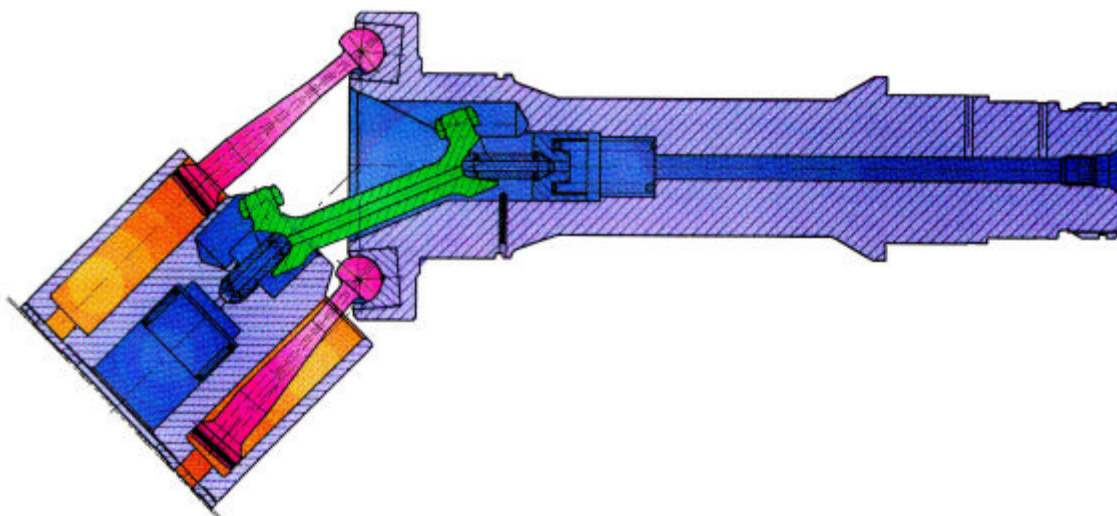


Bild 1: Schnittbild Hydrostateinheit
Fig. 1: Transverse section of a hydrostatic unit

Durch den gewählten Getriebeaufbau in Verbindung mit den neuentwickelten Hydrostatischeinheiten wurde der mit Lastschaltgetrieben vergleichbare und gemäß dem durch Prof. Renius in [6] entwickelten Grenzpolygon gute Wirkungsgrade für stufenlose Getriebe erreicht (**Bild 2**).

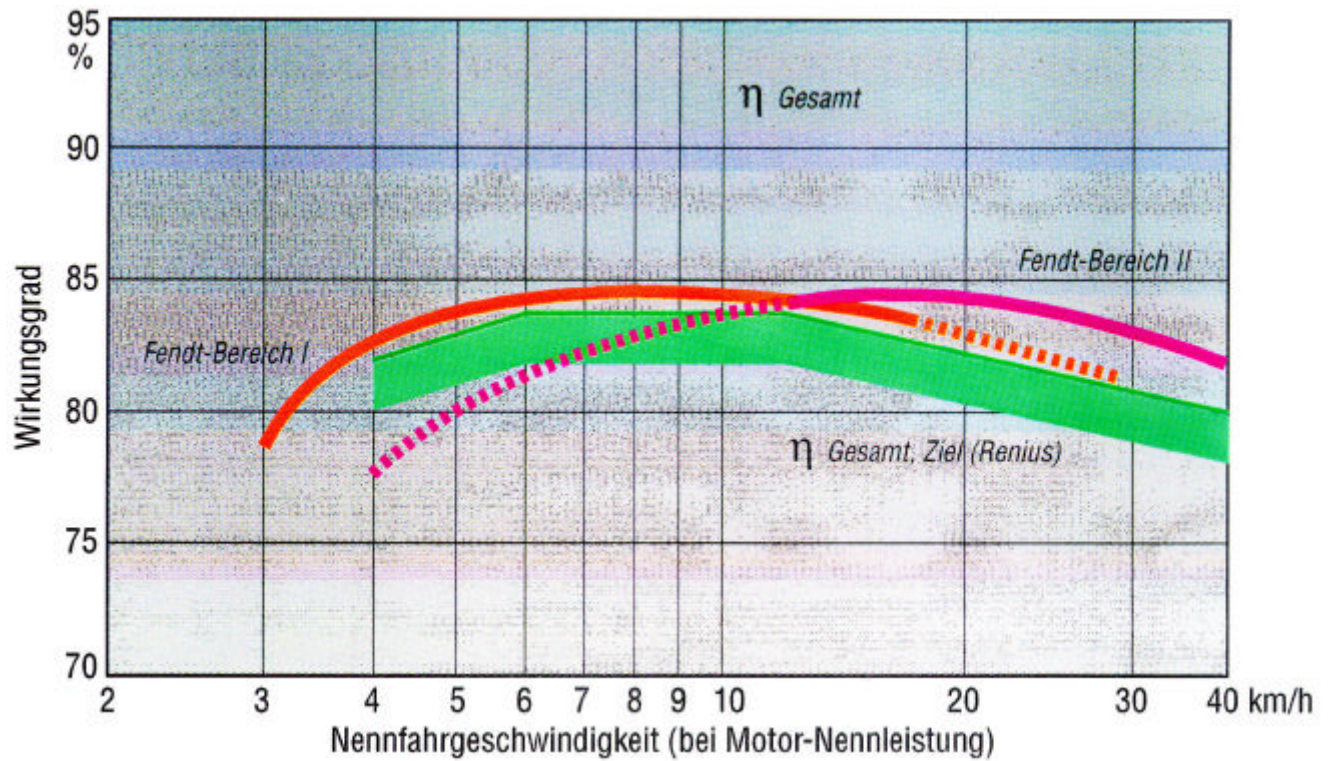


Bild 2: Wirkungsgrad des Seriengetriebes ML 200
 Getriebeeingangsleistung-Radnabenleistung
 Fig. 2: Efficiency of the series transmission ML 200
 power of the transmission input versus power of the nave

Die Funktion des hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigten Getriebes verdeutlicht **Bild 3**.

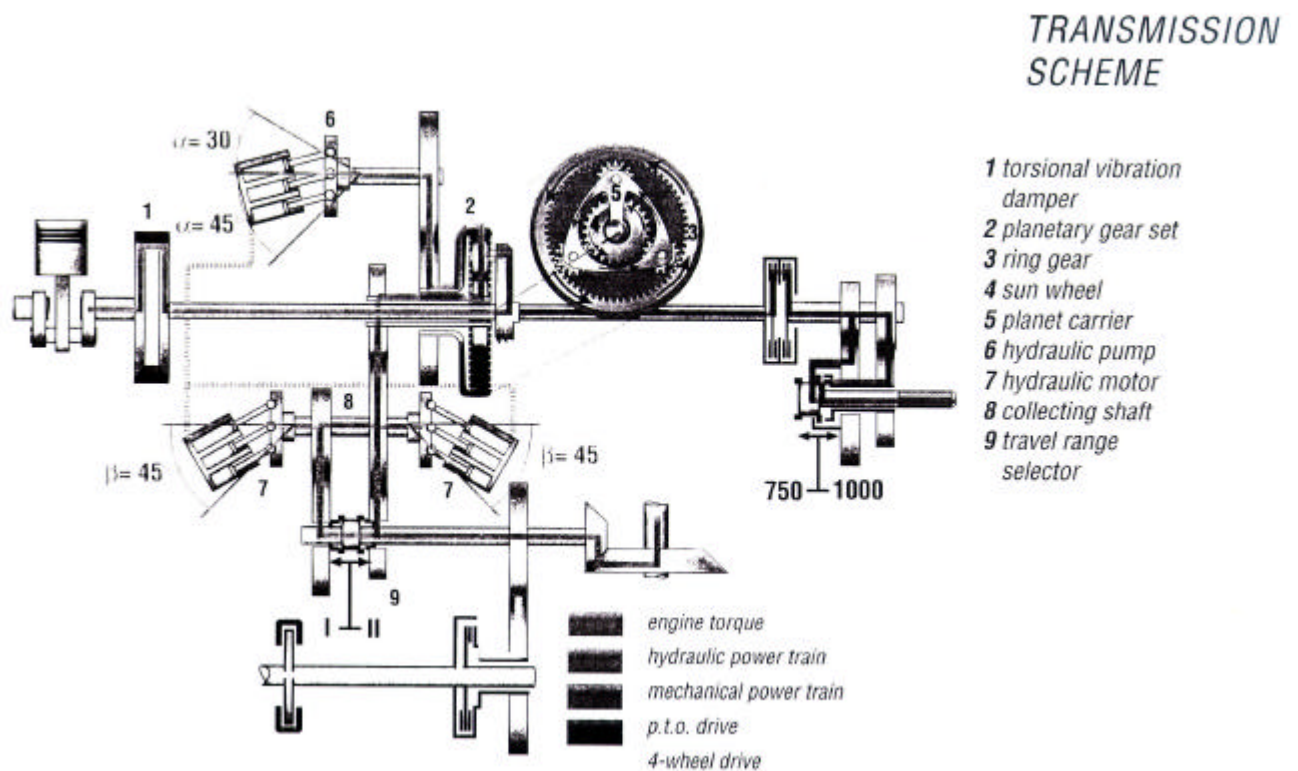


Bild 3: Schnittbild Getriebeaufbau
Fig. 3: Transverse section of the transmission

Beim Anfahren arbeitet das stufenlose Getriebe voll hydrostatisch.

Die direkt vom Dieselmotor angetriebene Hydraulikpumpe wird langsam ausgeschwenkt und treibt die im ausgeschwenkten Zustand stehenden Hydraulikmotoren an.

Mit steigendem Schwenkwinkel der Hydraulikpumpe nimmt die Geschwindigkeit des Traktors und der mechanisch übertragene Anteil der Traktorleistung zu. Ist die Hydraulikpumpe voll ausgeschwenkt, werden die Hydraulikmotoren in Richtung „Null“ zurückgestellt, und Geschwindigkeit sowie der mechanisch übertragene Anteil nehmen weiterhin zu. Bei Höchstgeschwindigkeit in den jeweiligen Fahrbereichen ist der mechanische Leistungsanteil nahezu 100 %. Die Hydraulikpumpe wird zum Rückwärtsfahren einfach durch „Null“ hindurch in die andere Richtung verschwenkt.

In **Bild 4** ist exemplarisch der Leistungsfluss beim Pflügen mit 8 km/h und beim Transport mit 50 km/h dargestellt.

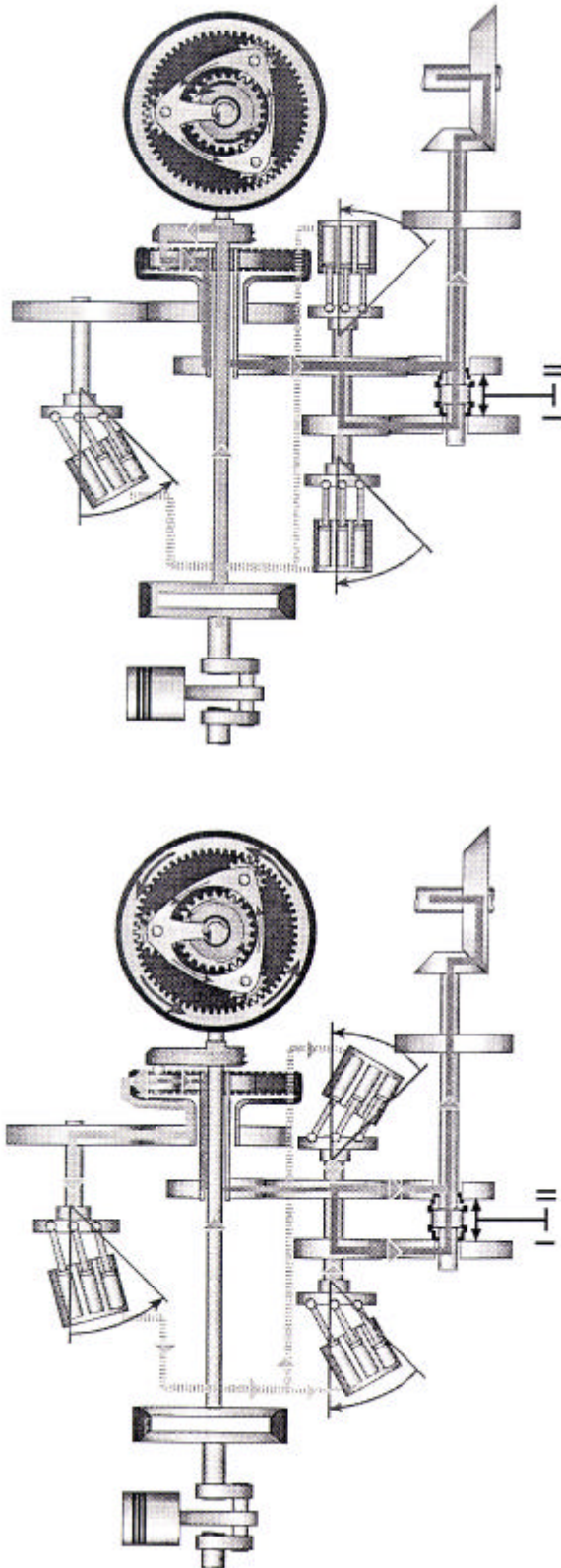


Bild 4: Funktion des Getriebes: a) beim Pflügen mit 8 km/h und
 b) bei Transportarbeit mit 50 km/h
 Fig. 4: Function of the transmission: a) ploughing with 8 km/h and
 b) transport with 50 km/h

Um eine Geschwindigkeit von 8 km/h darzustellen, sind die Hydrostateinheiten, wie gezeigt, ausgeschwenkt (Bild 4a). Die Pumpe fördert Öl und treibt die Motoren an, wobei ca. 75 % der Leistung hydraulisch übertragen wird. Im mechanischen Teil werden 25 % der Leistung übertragen. Die Summierungswelle addiert beide Antriebsmomente.

Bei einer Transportgeschwindigkeit von 50 km/h (Bild 4b) sind beide Hydromotoren auf 0 Grad geschwenkt. In diesem Zustand können sie keinen Ölvolumenstrom aufnehmen und blockieren somit die Pumpe. Dies führt dazu, dass der Planetensatz am Getriebeeingang die gesamte Motorleistung mechanisch mit einem sehr guten Wirkungsgrad überträgt.

Bei der Getriebeentwicklung wurde besonders auf die Service- und Reparaturfreundlichkeit geachtet. So ist es z.B. möglich, den Triebblock nach oben aus dem Getriebegehäuse herauszuheben, ohne dass der Ausbau des Getriebes erforderlich ist. Gleichzeitig wurde der Triebblock über Gummielemente zur Geräuschabkoppelung im Getriebegehäuse gelagert (**Bild 5**).

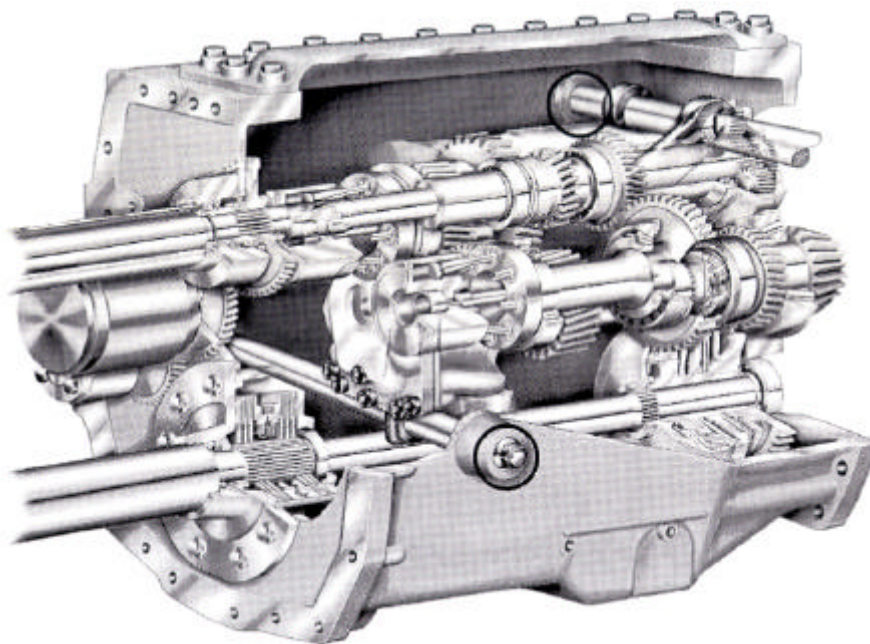


Bild 5: Service- und Reparaturfreundlichkeit und Geräuschabkoppelung
Fig. 5: Repairability and noise reduction

Das vorgestellte Getriebesystem ermöglicht folgende Geschwindigkeitsbereiche im Traktor:

- 1. Bereich: Feld 0 bis 36 km/h vorwärts
 0 bis 20 km/h rückwärts
- 2. Bereich: Straße 0 bis 50 km/h vorwärts
 0 bis 38 km/h rückwärts

Eine vorprogrammierbare automatisierte Vorwärts-Rückwärts-Schaltung ist gegeben.

Darüber hinaus ist eine Schnellaufauglichkeit mit deutlich reduzierter Motordrehzahl realisiert. So wird z. B. die Geschwindigkeit von 50 km/h bereits bei einer Motordrehzahl von 1500 ... 1600 min⁻¹ erreicht.

Nachdem bisher die Funktion des hydraulisch-mechanisch leistungsverzweigten Getriebes beschrieben wurde, erfolgt im weiteren die detaillierte Erläuterung des Aufbaus der Getriebehydraulik.

3. Getriebe- und Komforthydraulik

Das Getriebe und die Hinterachse werden durch einen gemeinsamen Ölkreislauf versorgt. Der Hauptkreis beinhaltet alle im Hochdruck arbeitenden Teile. Alle Hochdruckbauteile sind im Triebblock integriert und elastisch im Getriebegehäuse aufgehängt. Die Hochdruckleitungen sind als gegossene Kanäle ausgeführt.

Bild 6 zeigt den Hydraulikschaltplan des stufenlosen Getriebes.

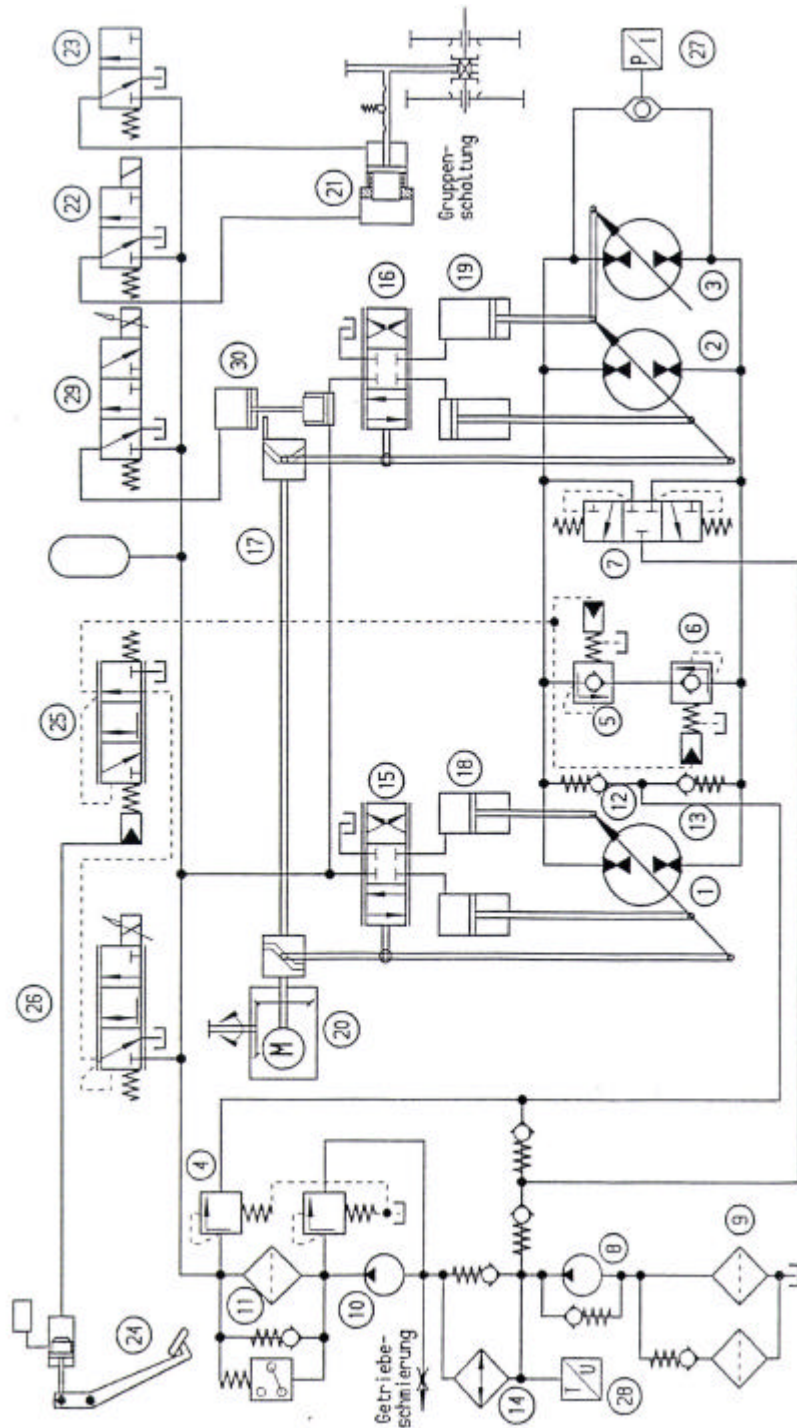


Bild 6: Hydraulikschaltplan vom Seriengetriebe ML 200
 Fig.6: Hydraulic circuit of the series transmission ML 200

Der Hydraulikschaltplan zeigt die drei gleichgroßen Hydrostaten (1 ... 3), das Speiseventil (4), die hydraulisch verstellbaren Druckbegrenzungsventile (5, 6) zur Absicherung der jeweiligen Hochdruckseite und das Spülventil (7).

Die Hochdruckventile sind in die Kanäle direkt eingeschraubt und von außen zugänglich. Die Sekundäreinheiten sind auf einer Welle gegeneinander angeordnet, so dass eine Kompensation der Kräfte erreicht wird.

Dieses hydrostatische Getriebe im geschlossenen Kreis wird mittels Konstantpumpe (8) mit Saugfilterung inklusive Bypass (9) und einer weiteren Pumpe (10) mit überwachtem Druckfilter (11) über das Speiseventil (4) und eines der Rückschlagventile (12, 13) mit Frischöl versorgt.

Über das Spülventil (7) gelangt Öl von der Niederdruckseite über den Kühler (14) zurück zur Einspeisung.

Neben der Bereitstellung von Speiseölvolumenstrom gewährleistet die erläuterte Hydraulikversorgung auch die Versorgung der Komforthydraulik, der Getriebesteuerung und der Getriebeschmierung. Zur Komforthydraulik zählen alle hydraulisch betätigten Kupplungen und Schaltstellen (z.B. Zapfwellen, Differentialsperren, Allradzuschaltungen).

Die Verstellung des Getriebes erfolgt über 4/3-Wege-Ventile (15, 16), die über eine Stellwelle (17) miteinander gekoppelt sind. Mit Hilfe dieser Ventile werden über die einfachwirkenden Zylinder (18, 19) die Schwenkwinkel der Hydrostaten eingestellt.

Die Stellwelle wird über eine elektrische Stelleinheit (20) betätigt.

Die Wahl des Fahrbereiches (Gruppenschaltung, Acker/Straße) ist über einen 3-Stellungszylinder (21) realisiert, der mittels zwei 3/2-Wegeventilen (22, 23) angesteuert wird.

Die Kupplungsfunktion (24) wird über ein mechanisches Kupplungspedal mit einem Geber-/Nehmerzylinder realisiert. Der Nehmerzylinder betätigt ein Druckregelventil (25), das dann hydraulisch die Druckbegrenzungsventile im geschlossenen Kreis steuert. Dadurch wird zugleich auch die Zugkraft moduliert. Beim Durchdrücken des Pedals ist der Kraftfluss unterbrochen.

Die Fendt-typische Turbokupplungsfunktion steht in der gewohnten Funktion wie bei den anderen Serientraktoren zur Verfügung. Dadurch werden zusätzliche Anwendungsvorteile im Antriebsstrang erzielt.

In diesem Fall ist jedoch keine echte Turbokupplung eingebaut. Die Funktion der Turbokupplung wird durch Modulation des Arbeitsdruckes im Hochdruckkreis, d.h. durch Modulation der Zugkraft in Abhängigkeit der Motordrehzahl nachempfunden. Die Modulation wird durch elektrische Ansteuerung des Druckregelventils (26) erzielt, das dann wiederum hydraulisch den Hochdruckkreis über die Druckbegrenzungsventile steuert.

Aus energetischen Gründen wird die Übersetzung des Getriebes während der Funktion der Turbokupplung nachgeführt.

Die Turbokupplungs-Funktion beinhaltet zugleich auch wie gewohnt den Schutz vor dem Abwürgen des Dieselmotors.

Im weiteren soll die elektronische Getriebesteuerung und die darin enthaltenen umfangreichen Schutzfunktionen näher erläutert werden.

4. Elektronische Getriebesteuerung

Die Übersetzungssteuerung erfolgt über elektrische Geber, Steuerelektronik und die elektromotorische Stelleinheit (20) ohne mechanische Verbindungen zwischen Fahrhebel und Stelleinheit.

Die Getriebeübersetzung wird wie bereits erläutert, mit Hilfe der Stelleinheit mechanisch, durch Verdrehen der Stellwelle eingestellt, wobei die Stellventile über eine fest zugeordnete mechanische Kopplung angesteuert werden.

Die Zuordnung von Drehwinkel und Getriebeübersetzung entspricht einer in der E-Box programmierten Kennlinie und wird überwacht.

Durch die elektronische Getriebeansteuerung ist eine komfortable Realisierung von Schutzfunktionen möglich.

Eine Maximaldruckbegrenzung wird über einen Hochdrucksensor (27) sowohl in Zug- als auch Schubrichtung mittels eines Wechselventils realisiert. Beim Erreichen von einem Druck von 450 bar (in seltenen Fällen erreichbar) wird ein elektrisches Signal an die Getriebesteuerung geliefert, welche die Getriebeübersetzung ins Langsame verstellt. Dadurch wird ein längeres Ansprechen der Druckbegrenzungsventile und damit eine Überhitzung des Getriebeöls vermieden.

Um bei Funktionsstörungen des Kühlkreislaufes die Überhitzung des Getriebeöls zu vermeiden, erhält der Fahrer mittels eines Temperatursensors (28) eine optische und zusätzlich eine akustische Anzeige.

Der Differenzdruck am Druckfilter wird ebenfalls erfasst und optisch angezeigt.

Beim Ausfall der Elektronik wird die Geschwindigkeit automatisch auf 33 km/h begrenzt. Dies geschieht durch ein 3/3-Wegeventil (29) und einen Stellzylinder (30), der im Getriebeinneren direkt auf die Stellwelle wirkt. Damit werden gleichzeitig Manipulationen am Getriebe verhindert.

Die Höchstgeschwindigkeit des Traktors, die wie bereits erwähnt, schon bei reduzierter Motordrehzahl (1500 ... 1600 min⁻¹) erreicht werden kann, wird ebenfalls elektronisch begrenzt.

Wenn die Höchstgeschwindigkeit durch Drehzahlerhöhung des Motors überschritten wird, verstellt die Steuerung automatisch die Getriebeübersetzung. Das gilt für beide Fahrrichtungen.

Das Abtasten der Geschwindigkeiten erfolgt über Drehzahlsensoren (**Bild 7**).

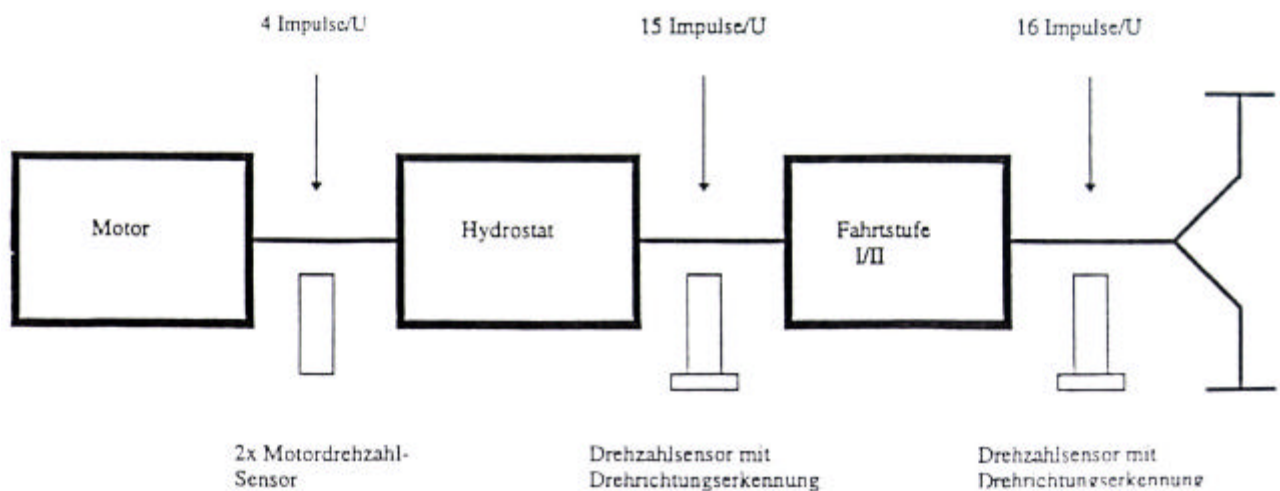


Bild 7: Drehzahlsensoren im Getriebe
Fig. 7: Revolution indicators of the transmission

Ein unerwartet starkes Verzögern und Motorüberdrehen vor allem bei schwerem Fahrzeug wird durch eine Verzögerungsregelung vermieden. Diese Funktion ist besonders beim Schnellreversieren und bei der Verwendung des Tempomaten (s.u.) wichtig.

Bei manueller Verzögerung über den Fahrhebel ist die Verzögerungsregelung nicht aktiv, d.h. der Fahrer kann nach eigenem Ermessen die Verzögerung des Traktors feinfühlig ansteuern.

Um den Fahrer weitestgehend bei Bedienvorgängen zu entlasten ist eine Grenzlastregelung (Anpassung an die Motorleistung) realisiert worden.

Bei der Grenzlastregelung erfolgt ein ständiger Vergleich der Soll- mit der Ist-Motordrehzahl.

Bei Unterschreitung der Istdrehzahl gegenüber der Solldrehzahl um mehr als 15 % wird die Getriebeübersetzung automatisch so lange ins Langsame verstellt, bis die Drehzahl-Abweichung den Grenzwert unterschritten hat.

In diesem Fall wird auch keine Beschleunigung durch den Fahrhebel angenommen.

Die Sollmotordrehzahl wird dabei durch die Gaspedalstellung über einen Drehpotentiometer ermittelt.

5. Traktor-Fahrfunktionen

Ein wesentlicher Vorteil des stufenlosen Getriebes im Traktor ist die Beeinflussbarkeit der Beschleunigung unabhängig von der Motordrehzahl.

Der Fahrbetrieb und damit auch die Getriebesteuerung erfolgt über einen Fahrhebel der in die Sitzarmlehne integriert ist. Bei der Entwicklung der Bedienfunktionen wurde folgender Grundsatz streng beachtet:

Jeder Eingriff des Fahrers wird sofort ausgeführt.

Die Handsteuerung regelt grundsätzlich die Getriebeübersetzung - nicht die Fahrgeschwindigkeit (außer bei Erreichen der maximalen Geschwindigkeit). Die Fahrgeschwindigkeit ist wie gewohnt, von der Motordrehzahl abhängig. Folgende Funktionen sind im Fahrhebel (**Bild 8**) implementiert:

- Wahl der Fahrtrichtung
- Anfahren (über Aktivierungstaster)
- Beschleunigen
- Verzögern
- Anhalten
- Reversieren/Schnellreversieren (über Aktivierungstaster)
- Tempomat
- el. Betätigung von 2-hydr. Ventilen
- EHR mit ZW-Betätigung

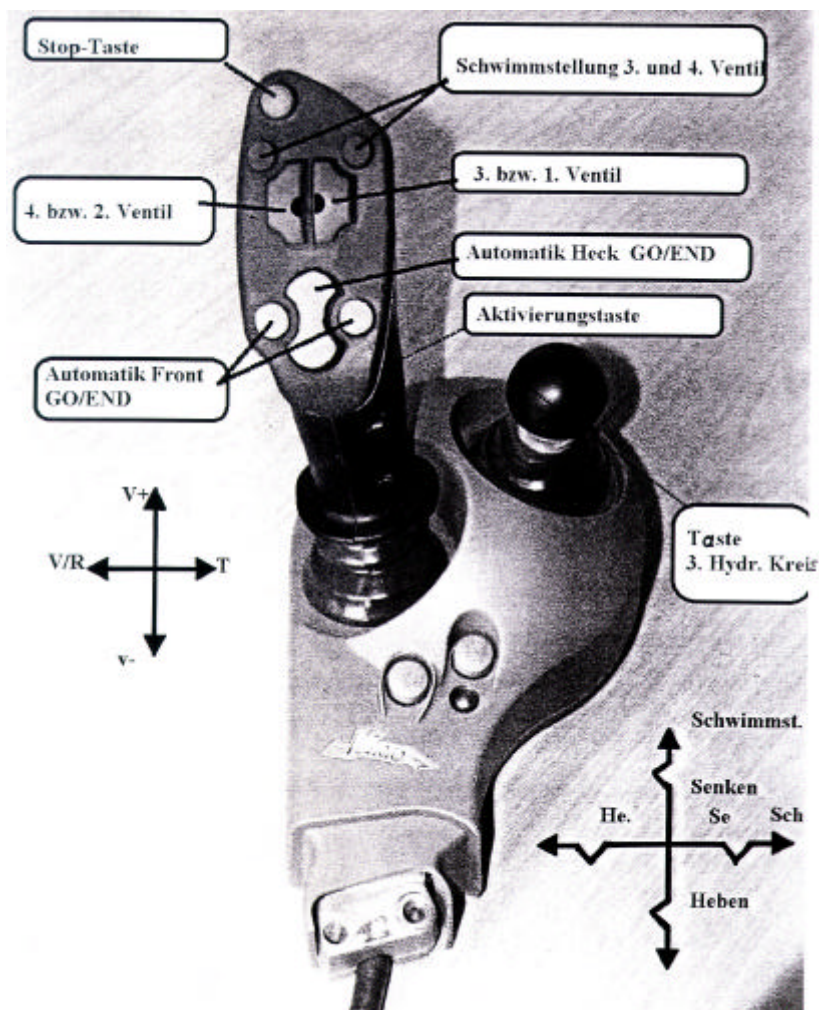


Bild 8: In die Armlehne integrierter Fahrhebel
 Fig. 8: Drive-lever integrated in the elbow-rest

Mit dem Fahrhebel kann die Fahrdynamik des Traktors dem Einsatz entsprechend jederzeit angepasst werden - d.h. sowohl die Fahrgeschwindigkeit als auch die Beschleunigung wird gesteuert.

Über die Betätigungswege erfolgt die Wahl der Beschleunigung bzw. der Verzögerung und über die Betätigungszeit wird die Fahrgeschwindigkeit gewählt.

Über den Daumenhebel am Schaltknäuf (Stufe 1 ... 4) werden unterschiedliche Beschleunigungsrampen eingestellt, wobei unterschiedliche Beschleunigungswerte gewählt werden können. Wird der Fahrhebel einmal nach vorn bzw. hinten getippt und dann wieder in die federzentrierte Mittelstellung gelassen, so beschleunigt bzw. verzögert der Traktor um diese eingestellte Rampe. Wird der Hebel vorne bzw. hinten belassen, so beschleunigt bzw. verzögert der Traktor entsprechend schneller.

Die vom Gesetzgeber vorgeschriebene Absicherung gegen:

- unbeabsichtigtes Anfahren und
- unbeabsichtigtes Reversieren

wird durch einen Aktivierungstaster am Kopf des Fahrhebels ermöglicht.

Wichtige Fahrfunktionen sollen im folgenden kurz beschrieben werden.

Anhalten - aktiver Stillstand

Zum Anhalten wird der Fahrhebel gegen die momentane Fahrtrichtung ausgelenkt bis das Fahrzeug stillsteht. Das Getriebe bleibt kraftschlüssig (aktiver Stillstand).

Beim Reversieren gibt es zwei Alternativen:

Zum einen besteht die Möglichkeit bei Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahrt den Fahrhebel aus der federzentrierten Mittelstellung nach links (zur Fahrersitzmitte) anzutippen. Der Traktor verzögert dann aus seiner momentanen Geschwindigkeit bis zum Stillstand und beschleunigt rückwärts bzw. vorwärts und zwar bis die vorgewählte Geschwindigkeit erreicht ist.

Zum anderen ist eine Wendeschaltung realisiert. Dazu wird in Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahrt der Fahrhebel entgegen der Fahrtrichtung gezogen, bis der Traktor zum kraftschlüssigen Stillstand verzögert. Danach muss man den Aktivierungstaster oben am Kopf des Fahrhebels drücken und erneut entgegen der vorherigen Fahrtrichtung weiter ziehen.

Die Fahrtrichtung wird zusätzlich am Armaturenbrett angezeigt.

Tempomatfunktion

Die Tempomatfunktion erlaubt ein selbsttätiges Erreichen und Konstanthalten einer gespeicherten Fahrgeschwindigkeit unabhängig von Motordrehzahl und Schlupf im Teillastbetrieb. Im Vollastbetrieb wird in Verbindung mit der Grenzlastregelung die maximale Leistungsausnutzung bei jeder Antriebsdrehzahl sichergestellt.

Über einen Taster auf der seitlichen Folientastatur (am Kotflügel) kann eine Fahrgeschwindigkeit abgespeichert werden.

Mit einer seitlichen Betätigung des federzentrierten Fahrhebels nach rechts (vom Fahrersitz nach außen) wird die vorher gespeicherte Geschwindigkeit abgerufen und am Kombiinstrument angezeigt.

Die Tempomatfunktion wird beendet bei:

- Betätigung der Fahrkupplung oder des Neutralschalters
- Bewegen des Fahrhebels oder
- Betätigung der Bremse

Neutralschaltung

Die Neutralschaltung kann durch Betätigung eines separaten Neutralschalters oder das Durchdrücken des Kupplungspedals erreicht werden. Ein kontinuierliches Drücken des Kupplungspedals bewirkt entsprechende Verringerung der Zugkraft.

In diesem Zusammenhang soll erwähnt werden, dass das Kupplungspedal bei diesem Getriebe selten benutzt werden muss. Das Kupplungspedal kommt praktisch nur in Gefahrensituationen oder bei Ankoppelung von Geräten zum Einsatz.

Gruppenschaltung (Acker- / Straßeneinsatz)

Je nach Einsatz wird die Gruppe durch Drücken eines Tasters vorgewählt. Die gewählte Stufe wird am Kombiinstrument angezeigt.

Weitere Funktionen in der Armlehne

Neben den bisher erläuterten Funktionen können an der Armlehne weitere Funktionen angewählt werden:

- Automatikfunktion Arbeitsstellung/Ruhestellung für Front-ZW und Front-EHR
- Automatikfunktion Arbeitsstellung/Ruhestellung für Heck-ZW und Heck-EHR
- Abschalten der Automatik-Funktionen über Stopp-Taste in Gefahren- bzw. Stresssituationen

Der derzeitige Getriebezustand kann vom Fahrer gut über eine LED-Anzeige am Kombiinstrument überwacht werden. Eine Balkenanzeige zeigt die gespeicherte Übersetzung (rot), den Sollwert der Übersetzung (gelb) und den Istwert der Übersetzung (grün) an.

Hilfsbetrieb

Bei der Getriebe-Fahrzeugkonzeption wurde u.a. größter Wert auf die Verfügbarkeit gelegt. Im Falle eines Ausfalles von Bedienelementen, Sensoren oder Steuerelektronik kann die Getriebeübersetzungssteuerung auf mechanisch-hydraulischen Betrieb umgestellt werden. Dadurch ist die Fahrbereitschaft des Traktors auch beim Ausfall der o.g. Komponenten gewährleistet.

Der mechanische Drehgriff kann von der Kabine aus betätigt werden (**Bild 9**). Die Drehbewegung wird mechanisch auf die Stellwelle im Getriebe übertragen.

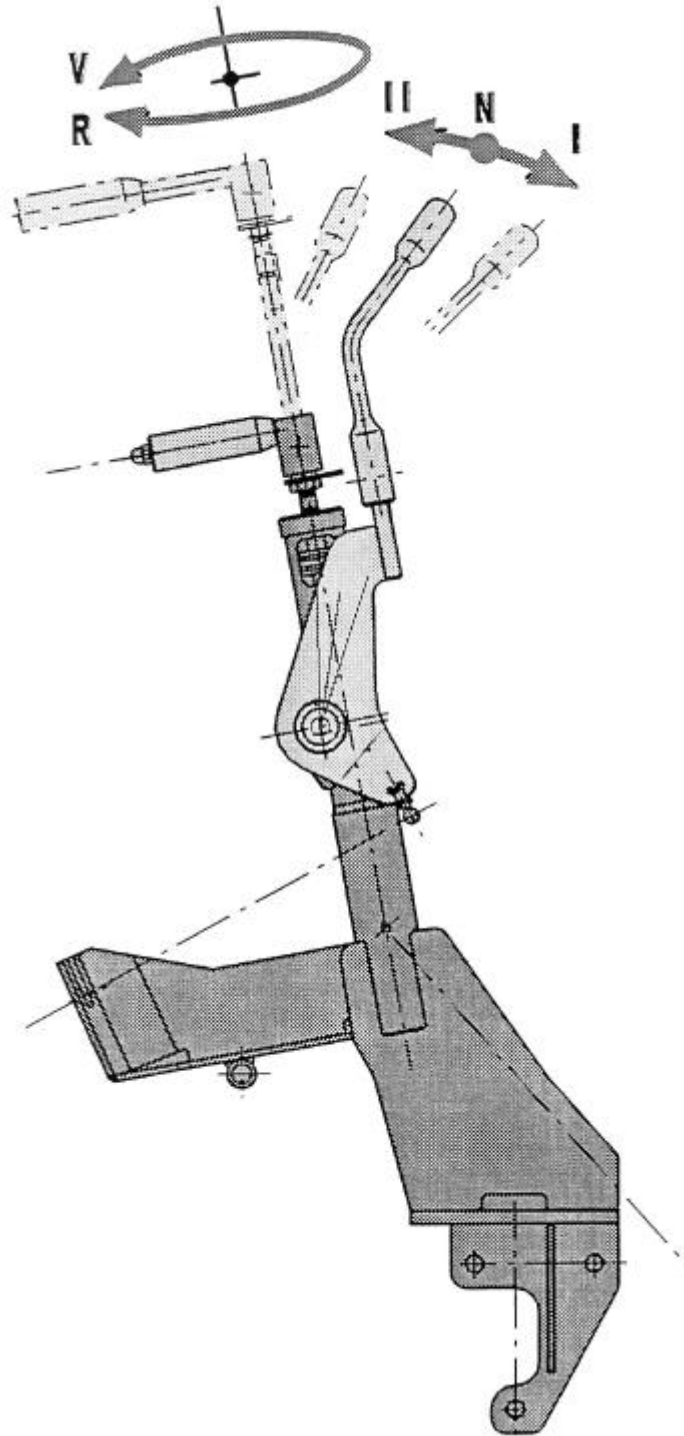
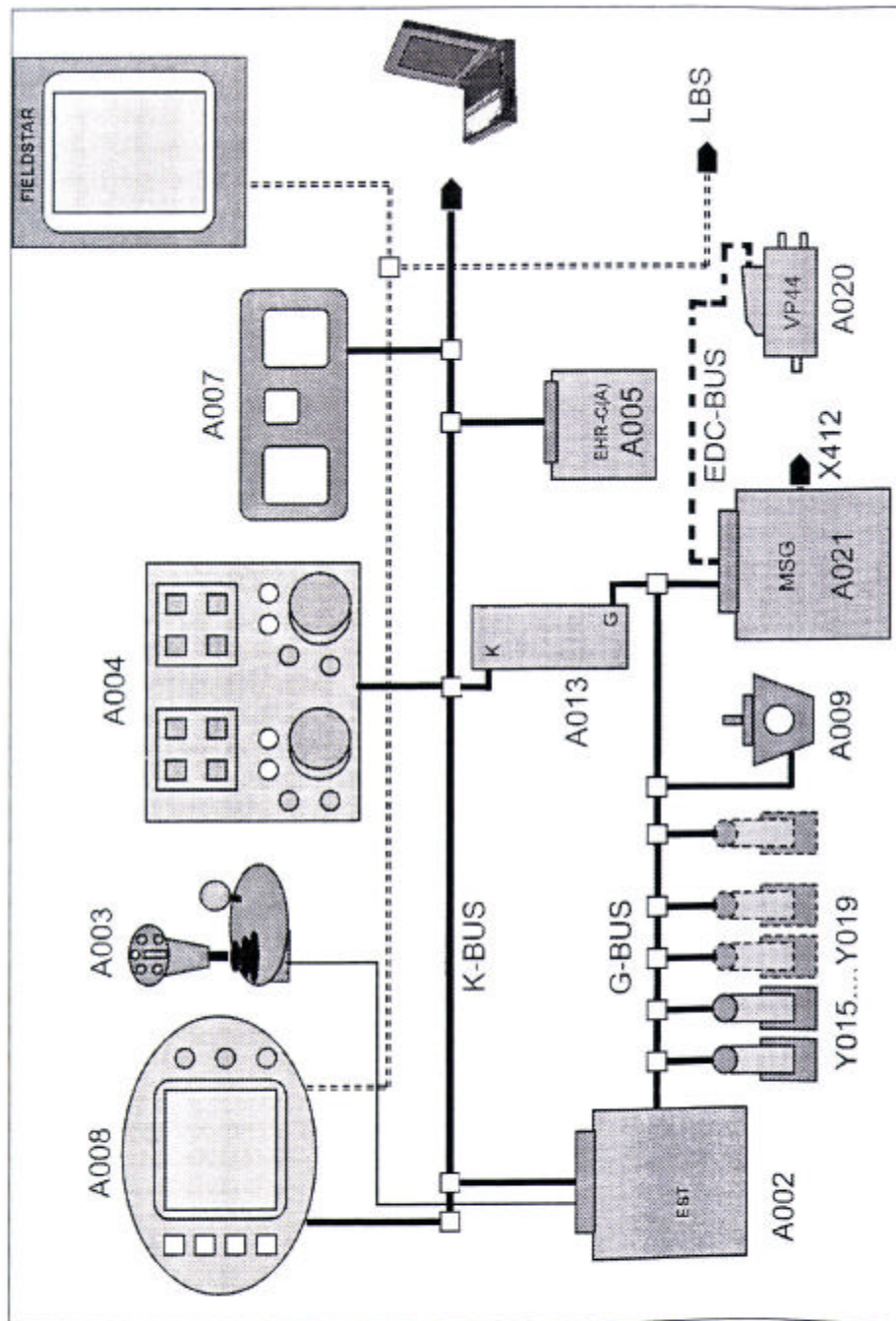


Bild 9: Hilfsbetätigungshebel
 Fig. 9: Lever for the manual handling of the transmission

Die Stufenschaltung kann ebenfalls mechanisch mit einem Hebel ausgeführt werden. Mit dem Stufenschalthebel wird zugleich auch die Neutralstellung des Getriebes geschaltet. Das Kupplungspedal bleibt ebenfalls in der Funktion erhalten wobei die Funktion der Turbokupplung nicht gegeben ist. Somit ist ein vollwertiger Hilfsbetrieb mit in gewissem Umfang eingeschränktem Komfort, jedoch unter Beibehaltung aller wichtigen Funktionen gewährleistet.

6. Elektronik / Gesamtsystem (mit LBS-Terminal)



A002	Elektronikbox Komfort	A020	Einspritzpumpe VP 44
A003	Fahrhebel	A021	Elektronikbox EDC
A004	Bedienungskonsole	X412	Diagnose A020/A021
A005	Elektronikbox EHR	G-BUS	Getriebe-BUS
A007	Kombiinstrument	K-BUS	Komfort-BUS
A008	Terminal	EDC-BUS	EDC-BUS
A009	Stelleinheit	LBS	LBS (auf Wunsch)
A013	Platine Sicherung		

Bild 10: Elektronik/Gesamtsystem mit LBS-Terminal

Funktion der FENDT EDC-Motorsteuerung:

Die VR-Pumpe (VP 44) hat zwei Steuergeräte für die Elektronische - Diesel - Controlle

Das Motorsteuergerät (A 021) erfasst alle externen Sensor-Signale

- B006 Ladelufttemperatur
- B025 Motordrehzahlgeber
- B026 Nadelbewegungsfühler (tats. Einspritzbeginn)
- B027 Wassertemperatur
- B028 Ladedruckfühler

das Motorsteuergerät berechnet

- Einspritzrate (Einspritzmenge je Grad Nockenwinkel)
- Einspritzmenge
- Förderbeginn

das Pumpensteuergerät (A 020) erfasst:

- Einspritzpumpendrehzahl
- Einspritzpumpenstellung
- Kraftstofftemperatur (ca. 80 - 90 °C)

das Pumpensteuergerät steuert

- das Hochdruckmagnetventil (Q-MV)
- das Spritzverstellermagnetventil (SV-MV)

Das EDC BUS-System:

Der Datenaustausch zwischen Motorsteuergerät MSG (A021) und Pumpensteuergerät PSG (A012) erfolgt über den EDC-CAN-BUS.

Das Motorsteuergerät ist über den Getriebe-BUS (G-BUS) und über die Komfortbox (A002) mit dem Komfort-BUS (K-BUS) verbunden.

Über dieses BUS-System erfolgt die Fehlercodeausgabe am Kombiinstrument (A007).

Das Motorsteuergerät verfügt über einen eigenen Diagnoseanschluss (X412).

Über diesen Diagnoseanschluss kann das Motorsteuergerät sowie das Pumpensteuergerät (Einspritzpumpe) ausgelesen werden.

„EDC-Diagnose“.

Einspritzsystem Fav. 900 Facelift mit der VP 44

Verschiedene Einspritzverfahren für Traktoren:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| - Reiheneinspritzpumpe | Einspritzdruck ca. 1300 bar |
| - Radial Verteilereinspritzp. | Einspritzdruck ca. 1700 bar |
| - Pumpe-Leitung-Düse | Einspritzdruck ca. 2100 bar |
| - Common-Rail | Einspritzdruck ca. 1400 bar |

Reiheneinspritzpumpen

Haben je Motorzylinder ein Pumpenelement, das aus Pumpenzylinder und -kolben besteht. Der Pumpenkolben wird durch die in der Pumpe integrierte und vom Motor angetriebene Nockenwelle in Förderrichtung bewegt und durch die Kolbenfeder zurückgedrückt.

Der Hub des Kolbens ist unveränderlich.

Damit eine Änderung der Fördermenge möglich ist, sind in die Kolben schräge Steuerkanten eingearbeitet, so dass sich mit dem Verdrehen des Kolbens durch eine Regelstange der gewünschte Nutzhub ergibt.

Common Rail System (Speichereinspritzsystem):

Bei der Common Rail sind Druckerzeugung und Einspritzung entkoppelt.

Der Einspritzdruck wird unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt und steht im „Rail“ (Kraftstoffspeicher) für die Einspritzung bereit.

Einspritzzeitpunkt und -menge werden im elektronischen Steuergerät berechnet und vom Injektor (Einspritzeinheit) an jedem Motorzylinder über ein angesteuertes Magnetventil umgesetzt.

Einspritzverfahren des Fav. 900

Radialkolben - Verteilereinspritzpumpe

Die Verteilereinspritzpumpen haben einen elektronischen Regler und einen integrierten Spritzversteller.

Sie haben nur ein **Hochdruckpumpenelement** für alle Zylinder.

Eine **Flügelzellenpumpe** fördert den Kraftstoff.

Eine **Radialkolbenpumpe** mit Nockenring und drei Radialkolben übernimmt die Hochdruckerzeugung.

Ein **Hochdruckmagnetventil** dosiert die Einspritzmenge.

Der **Förderbeginn** wird durch das Verdrehen des **Nockenringes** mit dem **Spritzversteller** verstellt.

Alle Steuer- und Regelsignale werden in zwei elektronischen **Steuergeräten** (Pumpen- und Motorsteuergerät) verarbeitet.

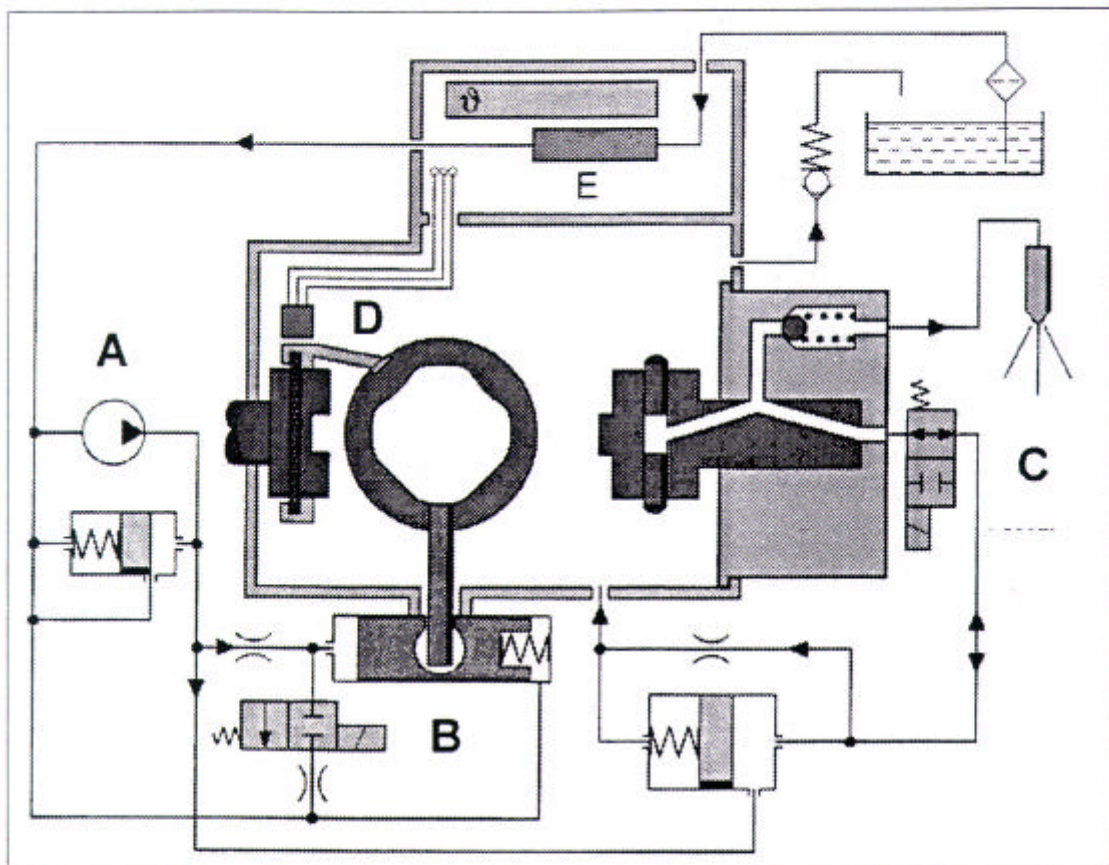
Nadelbewegungsfühler (B026)

Der Nadelbewegungsfühler ermittelt den Zeitpunkt, zu dem die Düsenadel der Einspritzdüse öffnet.

„**tatsächlicher Einspritzbeginn**“.

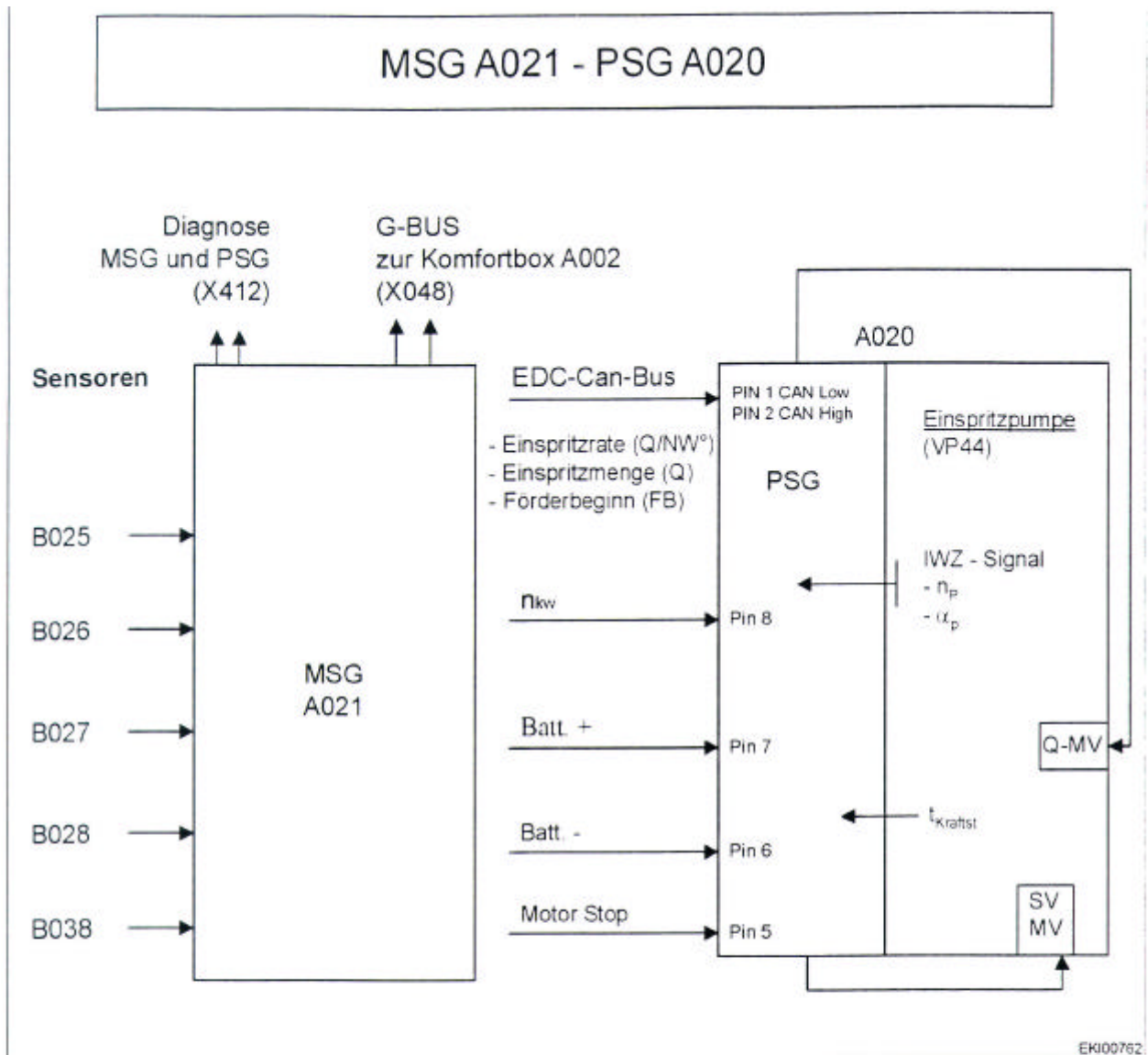
Das Signal wird vom Motorsteuergerät (1) verarbeitet.

Funktionsprinzip und -ablauf der VP 44



A	Flügelzellenförderpumpe
B	Spritzversteller
C	Hochdruckmagnetventil (Q-MV)
D	Drehwinkelsensor (IWZ-Sensor)
E	Pumpensteuergerät (A020)

Bild 11: Funktionsprinzip und -ablauf der VP 44



EKI00762

A020	Einspritzpumpe	B038	Drehwinkelsensor Fußgas EDC
PSG	Pumpensteuergerät	Q/°NW	Einspritzrate
A021	Motorsteuergerät (MSG)	Q	Einspritzmenge
X048	Anschluß G-BUS	FB	Förderbeginn
X412	Diagnoseschnittstelle	nKW	Kurbelwellendrehzahl
Q-MV	Hochdruckmagnetventil	Batt. +	UB 30 , Batterie +
SV-MV	Spritzversteller	Batt. -	31 , Batterie -
		Motor Stop	Magnetventil Abschaltung
B025	Motordrehzahlgeber	nP	Pumpendrehzahl
B026	Nadelbewegungsfühler	alphaP	Pumpenstellung
B027	Wassertemperatur	tKraftst.	Kraftstofftemperatur
B028	Ladedruckfühler	IWZ	Inkremental-Weg-Zeit-System (Pumpenposition)

Bild 12: MSG A021 - PSG A020

Drehzahlverstellung EDC Einspritzanlage über:

Möglichkeiten der Drehzahlverstellung

- Drehwinkelsensor Fußgas EST (B029)
- Drehwinkelsensor Handgas (B035)
- Speichertasten MIN. und MAX. am Fahrhebel A003
- Drehzahlvorgabe für Speichertasten MIN. und MAX. im Terminal A008

Funktionsablauf der Drehzahlverstellung

Der Drehwinkelsensor Fußgas **B029** sowie das Terminal **A008** sind direkt mit der Fendt-Komfort EST **A002** verbunden.

Der Drehwinkelsensor Handgas **B035** sowie die Speichertasten am Fahrhebel **A003** sind über die Bedienkonsole **A004** und den Komfort-BUS mit der Fendt-Komfort EST **A002** verbunden.

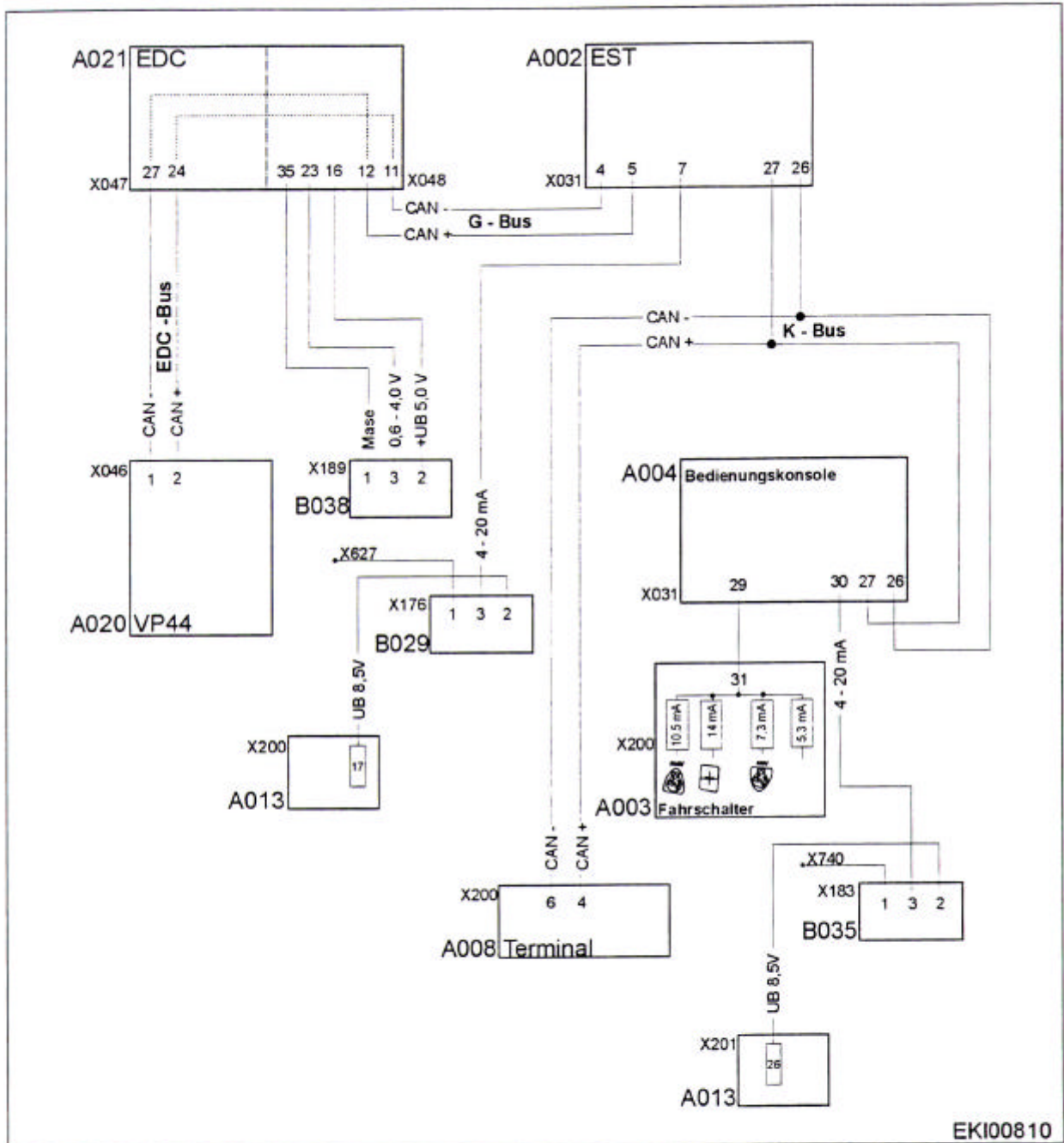
Die Komfort EST **A002** wertet die Sensorsignale (Drehzahlsollwerte) aus, und leitet nach Priorität das Sensorsignal, über den Getriebe-BUS, an das Motorsteuergerät **A021**.

Das Motorsteuergerät regelt die Einspritzpumpe VP44 auf die gewünschte Drehzahl.

Hinweis:

Übersteuern der Drehzahlvorgaben ist möglich (Priorität-Auswertung in der Komfort EST A002).

Schaltbild Drehzahlverstellung Favorit 900 EDC



A002	Komfort EST	B029	DWS Fußgas EST
A003	Fahrshalter	B035	DWS Handgas
A004	Bedienkonsole	B038	DWS Fußgas EDC
A008	Terminal	G-BUS	Getriebe-BUS
A013	Platine_Sicherung	K-BUS	Komfort-BUS
A020	Einspritzpumpe (PSG)	EDC-BUS	EDC-BUS
A021	Motorsteuergerät	X627 / X740	Verbinder Masse Sensorik

Bild 13: Schaltbild Drehzahlverstellung Favorit 900 EDC

7. Ausblick

Das vorgestellte stufenlose Getriebe hat sich während der Entwicklungsphase im Rahmen von zahlreichen Praxiseinsätzen sehr gut bewährt. Die Resonanz der Fachpresse (vgl. z.B. [7]) und der Kunden bezüglich der ersten Serientraktoren ist ebenfalls sehr positiv. Deshalb kann man davon ausgehen, dass das leistungsverzweigte Getriebe in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen wird.

Die Zuverlässigkeit und Marktakzeptanz der Vario-Getriebe beweist auch die Tatsache, dass sich mittlerweile annähernd 10.000 Schlepper in drei Leistungsklassen (von 85 ÷ 285 PS) am Markt befinden.

Literatur

- [1] Meyer, H.: Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Ackerschlepper und seine Geräte. Grundl. Landtechnik Heft 11 (1959) S.5-12
- [2] Fredriksen, N.: Claas Xerion. Vortrag VDI/MEG-Tagung „Landtechnik“ 13./14.10.1994 Stuttgart-Hohenheim
- [3] Ulbrich, P.: Neues, stufenloses, hydrostatisch-mechanisches Verzweigungsgetriebe für Traktoren. Vortrag VDI/MEG-Tagung „Landtechnik“ 13./14.10.94 Stuttgart-Hohenheim
- [4] König, F. und P. Ulbrich: Stufenloses Fahrgetriebe. Baumaschine + Bautechnik BMT 42 (1995) H.2, S. 68-70.
- [5] Skirde, E. und M. Gigling: Hydrostatik für leistungsverzweigte Getriebe. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik Heft 21, Tagungsband zur Mobilhydraulik-Tagung am 11 – 12.11.1996 in Braunschweig, S. 63-73.
- [6] Renius, K. Th.: Trends in Tractor Design with Particular Reference to Europe. Journal of Agriculture Engineering Research 57 (1994) H. 1, S. 3-22
- [7] Neunaber, M.,: Einfach stufenlos. profi 8 (1996) H.11, S.10-16