

Facharbeit

im Fach: Physik

Kurslehrer: Herr Blum

Thema: Getriebetechnik bei Landmaschinen

Schuljahr 2007 / 2008



Vorgelegt von

Daniel Kureik

Inhaltsverzeichnis

Seite

3

Einleitung

5

1. Schaltgetriebe

- 1.1 Geschichtliches
- 1.2 Vorgelege- / Vorschaltgetriebe
- 1.3 Synchronisierung
- 1.4 Schaltung

7

2. Lastschaltgetriebe

- 2.1 Geschichtliches
- 2.2 Varianten
- 2.3 Aufbau
- 2.4 Herstellerlösungen

10

3. Stufenlose Antriebe

- 3.1 Geschichtliches
- 3.2 Varianten
- 3.3 Aufbau
- 3.4 Bedienung
- 3.5 Herstellerlösungen

15

4. Vergleich der Getriebevarianten



Einleitung

In dieser Facharbeit habe ich mich mit dem Thema Getriebetechnik bei Landmaschinen befasst.

Der Sinn dieser Ausarbeitung besteht darin, die verschiedenen Funktionsweisen der Getriebevarianten bzw. der Grundkonzeptionen darzulegen, diese zu erläutern und unter Gesichtspunkten wie Wirkungsgrad, Komfort, Kosten und Zuverlässigkeit miteinander zu vergleichen und Vor- bzw. Nachteile der einzelnen Varianten aufzuzählen.

Angefangen vom normalen Schaltgetriebe, welches zu Beginn des Traktorenbaus noch mit Zwischengas geschaltet werden musste und keine Gruppen zum Untersetzen der Gänge bot, später mit Gruppenschaltung* und durch Synchronisierung der Gänge weiterentwickelt wurde, über die damals Ende der 60er Jahren revolutionäre Technologie von mehrstufigen Lastschaltgetrieben, mit denen man nun Ganggruppen ohne Kraftunterbrechung schalten konnte, bis hin zu den heutigen Konzepten der stufenlosen Getriebe und der Lastschaltgetriebe.

Die Firma AGCO Fendt GmbH verbaut seit Jahren ausschließlich den „Varioantrieb“, ein stufenloser Antrieb, bei dem sich per Joystickbewegung die Getriebeübersetzung ändert.

Andere Firmen bieten in Konkurrenz hierzu volllastschaltbare Getriebe an, die zusätzlich noch mit einer Automatikfunktion ausgestattet werden können.

Viele Hersteller sowohl lastschaltbare als auch stufenlose Getriebe, welche teils Eigenkonstruktionen und teils zugekaufte Getriebe sind. Beispielsweise werden bei John Deere und Deutz-Fahr stufenlose Getriebe der Firma ZF – Zahnradfabrik Friedrichshafen verbaut.

Das Problem aus Sicht des Landwirts:

Er möchte gerne zu jeder Zeit die passende Geschwindigkeit wählen können, um schnell und effizient zu arbeiten. Kann er jedoch den ganzen Tag nur langsamer fahren als er eigentlich will, so verliert er Zeit und die Kosten steigen. Die Abstufung des Getriebes ist nie so gut, dass man zu jeder Zeit die optimale Arbeitsgeschwindigkeit wählen kann, da man immer noch eine bestimmte Anzahl von Gängen zur Verfügung hat.

* Gruppenschaltung: Untersetzung der Gänge durch Kriechgang-, schnelle, langsame Vorwärts- und eine Rückwärtsgruppe

Hiermit kann man zwar arbeiten, jedoch sinkt die Effizienz der Maschine. Gerade in der heutigen Landwirtschaft müssen die Maschinen hoch effizient und belastbar sein um Gewinn erwirtschaften zu können. Da stellt sich natürlich die Frage ob der stufenlose Antrieb eine Alternative ist, oder doch nur eine überteuerte Hightech - Lösung, die womöglich auch noch deutlich reparaturanfälliger ist als ein normales Schaltgetriebe.

Meine Intention diese Facharbeit über dieses doch sehr spezielle Thema zu schreiben liegt darin, dass ich mich seit klein auf für die Landwirtschaft interessiere. Meine Urgroßeltern hatten einen Bauernhof und als kleines Kind durfte ich immer mit meinem Onkel Trecker fahren, was damals das Größte für mich war.

Diese Leidenschaft ist bis heute geblieben und ich habe auch Spaß daran gefunden alle Arbeiten zu erledigen, die anfallen, wozu auch unter anderem Reparaturen an Landmaschinen gehören. Somit lag für mich nahe ein Thema aus diesem Bereich zu nehmen. Die Getriebetechnik ist ein Themengebiet, das meiner Meinung nach sehr interessant ist.

1. Schaltgetriebe

1.1 Geschichtliches

Als Ende der 20er / Anfang der 30er Jahre in Deutschland die ersten Traktoren mit unsynchronisierten Getrieben gebaut wurden, hatten diese oft nur wenige Vorwärtsgänge. Rückwärtsgänge waren zuerst gar nicht vorhanden.

Doch mit der Zeit wurden die zur Auswahl stehenden Gangübersetzungen zu grob und man benötigte feiner übersetzte Getriebe mit mehr Gängen um wirtschaftlicher und zeitsparender arbeiten zu können.

Zuerst erhöhte man die Anzahl der Gänge von z.B. 3 Vorwärts- und einem Rückwärtsgang auf 6 Vorwärts- und 2 Rückwärtsgänge. (Walter, J., S.5)

1.2 Vorgelege- / Vorschaltgetriebe

Da diese Entwicklung stetig voran ging, benötigte man irgendwann ein Vorgelegegetriebe (Gruppenschaltung), welches für die Untersetzung der eigentlichen Gänge sorgt. Dieses wird dem eigentlichen Getriebe vorgeschaltet. Man hat jetzt z.B. 4 Gänge in drei verschiedenen Gruppen zur Verfügung (langsame / schnelle Vorwärtsgruppe, Rückwärtsgruppe) und somit eine feinere Getriebeabstufung (12 Gänge), die es erleichtert die günstigste Arbeitsgeschwindigkeit zu wählen.

1.3 Synchronisierung

Anfang der 70er Jahre begann man die Getriebe zu synchronisieren, damit beim Schalten nicht mehr zwischengekuppelt und Zwischengas gegeben werden musste. Dies war nötig, um die Drehzahlen der Zahnräder anzugleichen. Ohne eine Angleichung der Drehzahl würden die Zahnräder beim Schaltvorgang beschädigt und es wäre nach einer gewissen Zeit ein Getriebeschaden vorprogrammiert. Diese Synchronisierung übernehmen heute die Synchronisierungssysteme. Sie bestehen aus einem Synchronring (**Bild 2, Pos. 79**), einem Druckstift mit Druckfeder (**Bild 1**), einer Schaltmuffe (**Bild 1 u. bild 2, Pos. 118**), dem Kupplungs- und dem Synchronkörper, die beim Schaltvorgang durch Reibung die Drehzahlangleichung vornehmen und ein Einrücken des Ganges erst bei angepasster Drehzahl ermöglichen (Vieweg, S.270).

Beginnt man den Schaltvorgang, so dreht sich zuerst nur das Gangrad lose auf der Getriebewelle. Die Schaltmuffe und der Synchronkörper in der Mitte beider befinden sich durch die Kraftunterbrechung in Ruhelage. Das Gangrad hat zur Schaltmuffe hin eine seitliche Vorverzahnung. Die Drehzahlangleichung des Synchronkörpers

und des Gangrades geschieht durch den ebenfalls im Gangrad integrierten Konus, der durch Reibung beide Komponenten auf die passende Geschwindigkeit bringt. Da durch die Verbindung Synchronkörper / Schaltmuffe nicht mehr als einen halben Zahn Versatz möglich ist, muss das Gangrad zunächst den Synchronkörper und somit das Zahnrad in der Schaltmuffe auf die gleiche Geschwindigkeit bringen, um durch den Synchronkörper hindurch in die Verzahnung der Schaltmuffe eingreifen zu können.

Diese Technik ermöglicht zugleich ein verschleißärmeres und komfortableres Arbeiten und Fahren mit der Maschine.

(<http://www.kfz-tech.de/SSynchronisation.htm>)

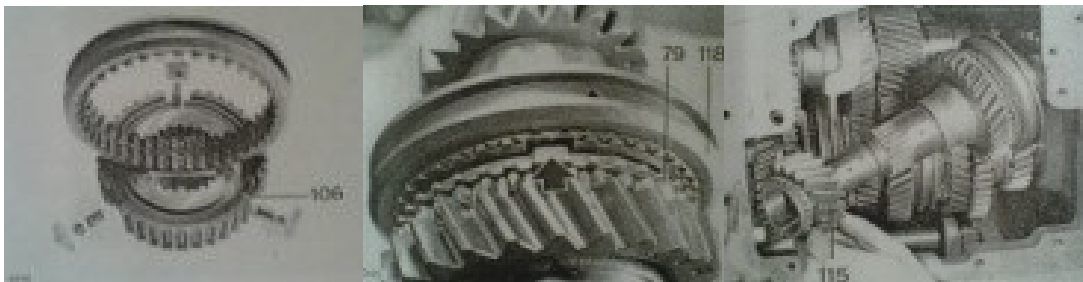


Bild 1

Bild 2

Bild 3

(siehe Bildanhang)

1.4 Schaltung

Die Schaltung des Getriebes funktioniert manuell per Handschalthebel. Durch Bewegen des Schalthebels wird die Schaltstange betätigt, worauf die Schaltschwingen sitzen. Die Schaltschwingen greifen in die Schaltmuffe und rücken somit die Gänge ein oder aus, nachdem die Synchronisierung der Zahnräder stattgefunden hat.

2. Lastschaltgetriebe

2.1 Geschichtliches

Bevor man lastschaltbare Getriebe entwickelte, gab es im Traktorenbau schon stufenlose (hydrostatische) Antriebe, welche jedoch durch den damals noch geringen Wirkungsgrad und die deutlich höheren Anschaffungskosten nach einer Alternative verlangten. So beschritten viele Hersteller den Weg der (Last-) Schaltgetriebe, welche durch die mechanische Verbindung von Motor und Achse einen deutlich höheren Wirkungsgrad erreichten, als damalige Hydrostaten.

Ende der 60er Jahre wurden diese Getriebe dann zunehmend mit ein- oder mehrstufigen Lastschaltungen ausgerüstet, die einen Schaltvorgang ohne direkte Kraftunterbrechung durch den Fahrer durchführen konnten.

(Walter, J., S.7)

2.2 Varianten

Die Lastschaltgetriebe der verschiedenen Hersteller unterscheiden sich von einander häufig in Ganganzahl, Lastschaltstufen und Gruppenuntersetzung.

Hier gibt es von den meisten Herstellern verschiedene Varianten im Programm, die sich durch Preis, Komfort und Handhabung unterscheiden. In den mittleren Baureihen werden häufig nur zweistufige Lastschaltungen angeboten, in den oberen Baureihen über 120 PS sind Getriebe mit 4 – 6 Lastschaltstufen oder auch volllastschaltbare Getriebe im Einsatz.

Der Fahrer kann eine Gruppe des Vorgeleges auswählen und den ersten Gang einlegen. Er befindet sich nun in der ersten Lastschaltstufe. Möchte er nun ohne Kraftunterbrechung in die zweite Lastschaltstufe schalten, so bedient er am Schalthebel den „Plus“ – Knopf und das Getriebe schaltet in die nächste Stufe, ohne die Fußkupplung zu betätigen.

Beispiel:

(Case IH Maxxum X – Line, 24 + 24 Gang 2-fach Powershift Getriebe in 3 Ganggruppen)

Der Fahrer kann aus einer von drei Ganggruppen und vier einzelnen Gängen wählen. Durch die 2-fach Lastschaltung kann er diese vier Gänge jeweils einmal untersetzen und hat somit 8 Gänge zur Verfügung. Durch die drei Schaltgruppen und die acht Gänge, sind somit insgesamt 24 Fahrstufen vorhanden (**Bild 4**). Die verbaute Wendeschaltung wird durch einen Hebel am Lenkrad gesteuert (**Bild 5**). Sie ermöglicht die Nutzung aller Gänge in Vor- und Rückwärtsrichtung.

Man kann hier durch eine einfache Bewegung am Hebel die Fahrtrichtung ändern. Falls das Fahrzeug sich noch bewegt, wird es automatisch abgebremst und reversiert. (Case IH, Prospekt Maxxum X-Line, S.7)



Bild 4

Bild 5

Diese Technik der Wendeschaltung ist heute bei den meisten Herstellern serienmäßig und ermöglicht einen hohen Komfort bei Arbeiten, wie z.B. Silowalzen oder Frontladerarbeiten, wo häufig Fahrtrichtungswechsel durchgeführt werden müssen. Der Vorteil der Lastschaltgetriebe kommt z.B. bei Bergauffahrten mit großer Beladung besonders zur Geltung. Bei einem normalen Schaltvorgang in den nächst höheren Gang würde der Traktor so langsam werden, dass es nicht mehr möglich ist einen höheren Gang einzulegen und man eventuell in einem niedrigeren Gang als zuvor weiterfahren muss, um nicht stehen zu bleiben.

2.3 Aufbau

Lastschaltgetriebe in Traktoren sind Doppelkupplungsgetriebe. Hier kann man ohne selbst zu kuppeln schalten, da innerhalb des Getriebes mehrere Kupplungen verbaut sind. Ist nun die erste Lastschaltstufe eingelegt und der Antriebsstrang steht unter Last, ist die Kupplung für den eingelegten Gang geschlossen und somit kraftschlüssig. Wählt der Fahrer nun am Schalthebel mit dem „Plus“-Knopf die zweite Lastschaltstufe, so wird automatisch die Untersetzung für die zweite Stufe eingelegt. Dieses geschieht elektrohydraulisch, die Kupplungen werden ebenso elektrohydraulisch angesteuert und bedient. Während des Gangwechsels öffnet sich die Kupplung für die eingelegte Schaltstufe und die für die gewählte Schaltstufe, schließt sich im gleichen Moment. Der Moment der Kraftübertragung von der einen zur anderen Kupplung nennt sich „Momentübergabe“. In Landmaschinen werden in Öl laufende Lamellenkupplungen verbaut. Diese haben den Vorteil das gerade die

entstehende Verlustwärme durch das Getriebeöl aufgenommen und die Kupplung somit abgekühlt werden kann. Die Anpassung der Motordrehzahl an die neue Getriebeübersetzung erfolgt durch eine Zwangssteuerung der Einspritzpumpe, die die Einspritzmenge und somit die Drehzahl des Motors regelt.

(Vieweg, S.273)

2.4 Herstellerlösungen

Case IH bietet in seinen Modellen unter anderem die Powershift Getriebe an (wie oben beschrieben). Hierbei kann man die Lastschaltstufen separat von der Gruppenschaltung schalten.

Bei Deutz-Fahr lassen sich die Lastschaltgetriebe der Agrotron Baureihe auf Knopfdruck vierfach untersetzen. Dabei wählt man bei „Plus“- und „Minus“- Taste am Schalthebel die entsprechende Lastschaltstufe, wobei hier Lastschaltstufe mit dem Begriff Schaltgruppe synonym ist (**Anhang Bild 6**). Es wird lediglich noch eine zusätzliche Kriechganguntersetzung angeboten (**Anhang Bild 7**).

Im Allgemeinen jedoch werden diese High -Tech Systeme nur bei Traktoren der mittleren und großen Baureihen eingesetzt. Die kleineren Baureihen werden meist immer noch mit herkömmlichen Synchrongetrieben ausgestattet, bei denen man nicht ohne Kraftunterbrechung die Gruppe oder den Gang wechseln kann.

3. Stufenlose Antriebe

3.1 Geschichtliches

Die ersten in Serie gebauten Schlepper mit hydrostatischem Getriebe kamen 1965 auf den Markt, sie wurden von der Firma verkauft. Allerdings konnten sich damals diese stufenlosen Getriebe nicht durchsetzen, da sie etwa einen 10% höheren Preis hatten, als die normalen Traktoren gleicher Baureihe mit Schaltgetriebe. Außerdem war der damalige Wirkungsgrad der Getriebe sehr gering, so dass ein großer Kraftverlust vorlag, der für die meisten Landwirte zu unwirtschaftlich war. Die Firma IHC stellte 1967 auch einen Traktor mit hydrostatischem Antrieb vor, der deutlich erfolgreicher war als der Eicher Mammuth HR und sogar bis 1984 produziert wurde. Der Einsatzbereich dieser Traktoren lag vor allem im Anbau von Sonderkulturen (Gemüse, etc.) wo die höheren Kosten und der niedrigere Wirkungsgrad nicht so gravierend waren, wie z.B. in der Grünlandbewirtschaftung. Da allerdings die hydrostatischen Getriebe in puncto Wirkungsgrad deutlich hinter den normalen Schaltgetrieben herhinkten, konzentrierten sich die meisten Hersteller auf den Einbau von Schaltgetrieben mit vielen Gangabstufungen. (Walter, J. , S.6)

3.2 Varianten

Man kann grob gesagt zwischen drei Antriebsvarianten unterscheiden, die in Landmaschinen verbaut werden (wurden). Man verwendete in den Anfängen der stufenlosen Antriebstechnik Hydrostaten. Dies sind Getriebe die ausschließlich aus einer hydraulischen Komponente bestehen welche die Kraft überträgt. Später wurden vereinzelt auch Riemenvariatoren / Kettenwandler eingebaut, die die Stufenlosigkeit über die Durchmesseränderung der Riemenscheibe erreicht.

Diese Durchmesseränderung kann man mit einer auf der Welle verschiebbaren

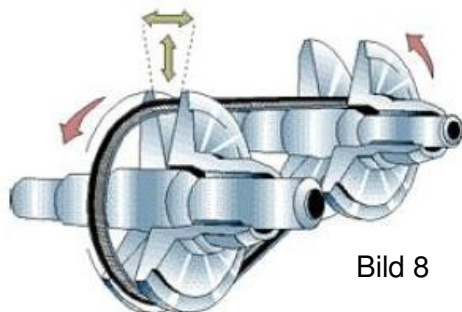


Bild 8

Scheibenhälfte erreichen, die beim Öffnen den Durchmesser des Rades für den darauffahenden Riemen / das Schubgliederband verkleinert und somit die Übersetzung ändert. (Bild 8)

Heute verfolgt man das Konzept des leistungsverzweigten Antriebs. Dabei gibt es im Getriebe eine mechanische und eine hydraulische Komponente die im Zusammenspiel die Übersetzung stufenlos regeln können. (Walter, J. S. 8)

3.3 Aufbau

Da aktuell nur die Technik des hydrostatisch - mechanisch leistungsverzweigten Getriebes Anwendung findet, werde ich auch nur dieses eingehender beschreiben.

Das Herzstück dieses Getriebes / Antriebes bildet die Axialkolbenpumpe („Schrägachsenmaschine“, **Bild 9**). Sie ist eine Hydraulikpumpe, bei der man unabhängig von der Eingangs-drehzahl die Fördermenge ändern kann und somit in Verbindung mit einem verstellbaren Axialkolbenmotor eine Drehzahländerung vornehmen kann ohne die Drehzahl der Eingangswelle zu verändern.

Diese stufenlose Fördermengenregulierung wird durch eine Abwinkelung des Pumpenkörpers zur Antriebsachse auf der 7 oder 9 kleine Kolben befestigt sind. Diese Kolben sind im Pumpenkörper drehbar gelagert, so dass sie sich mit der Antriebsachse drehen können und bei einem beliebigen Schwenkwinkel des Pumpenkörpers auf der einen Hälfte der Pumpe „einsaugen“ und auf der anderen Seite „auspumpen“. Durch die Drehbewegung und die vielen Kolben entsteht ein ständiger Durchfluss der sich durch die Abwinkelung der Pumpe regulieren lässt.

(Bei Schrägscheibenmaschinen befindet sich der Schwenkmechanismus innerhalb des Pumpenkörpers, (**Anhang Bild 10 / 11**))

- Max. $+25^\circ$ ($+45^\circ$, Weitwinkelaxialkolbenpumpe) Winkel: großer Durchfluss
- Kein Winkel: kein Durchfluss (alle Kolben dauerhaft eingefahren)
- Max. -25° (-45° , Weitwinkelaxialkolbenpumpe) Winkel: großer Durchfluss (entgegengesetzte Fließrichtung zu $+45^\circ$)

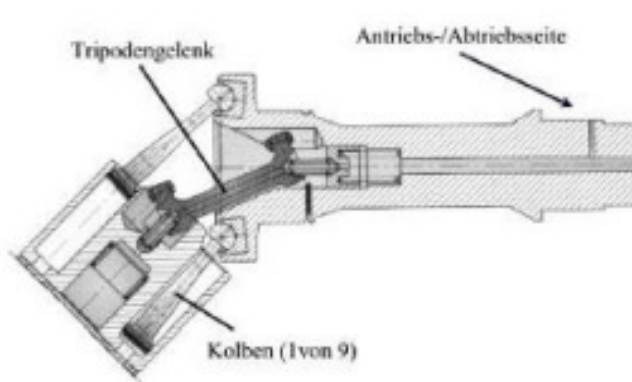


Bild 9 („Schrägachsenmaschine“)

Die Bezeichnung als „leistungsverzweigtes Getriebe bzw. Antrieb“ oder auch „Hydrostat“ hat den Grund, dass bei niedrigen Geschwindigkeiten die Kraft hydraulisch und bei großen Geschwindigkeiten mechanisch übertragen wird.

Dieses kann man durch die Kombination von einem mechanischen Element (eine normale Getriebewelle) und dazu parallel einem hydrostatischen Teil (verstellbare Axialkolbenpumpe und verstellbarer Axialkolbenmotor), erreichen. Sowohl das mechanische Element als auch der hydrostatische Teil werden beide vom Verbrennungsmotor angetrieben. Zum Schluss werden beide durch ein sogenanntes „Planetengetriebe“ wieder zusammengeführt. Das Getriebe nennt sich Planetengetriebe, da es aus einem Hohlrad (außen, großer Durchmesser, innen liegender Zahnkranz, vom Ölmotor angetrieben), aus einem Sonnenrad (innen, kleiner Durchmesser, außen liegender Zahnkranz, vom Motor direkt über eine Welle angetrieben) und mehreren Planetenrädern zwischen diesen beiden, die „nur“ die beiden Zahnräder miteinander verbinden besteht. Diese Planetenräder sind in einem Planetenträger zusammengefasst, der mit der Hinterachse verbunden ist (**Bild 12**). Der Name Planetengetriebe ist abgeleitet vom heliozentrischen Weltbild, bei dem die Sonne im Mittelpunkt des Universums (hier Sonnenrad im Getriebe) steht.

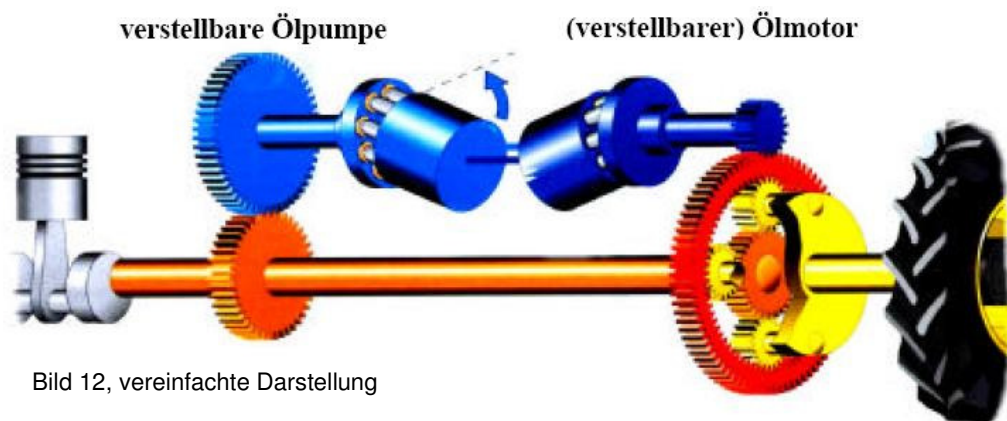


Bild 12, vereinfachte Darstellung

Das Zusammenspiel dieser beiden Getriebeteile ist recht einfach. Der mechanische Teil dreht sich mit Drehzahl des Motors, der hydraulische Teil ist an der Axialkolbenpumpe auf maximale Fördermenge mit dem Winkel nach unten eingestellt. Folglich liegt sowohl am Hohlrad als auch am Sonnenrad eine maximale Drehzahl an. Dreht das Hohlrad nun gleichläufig mit dem Sonnenrad, so wird der Planetenträger ebenfalls mit maximaler Geschwindigkeit drehen und der Schlepper erreicht seine Höchstgeschwindigkeit.

Ist die verstellbare Ölpumpe nun maximal nach oben abgewinkelt, wird der Ölstrom gegenläufig zum zuvor beschriebenen Fall verlaufen. Daraus ergibt sich nun die entgegengesetzte Bewegungsrichtung des Hohlrades zum Sonnenrad. Durch die Gegenläufigkeit beider Zahnräder heben sich die Kräfte auf und es herrscht ein sogenannter aktiver Stillstand. Es ist auf der Getriebeeingangswelle eine Drehzahl angelegt, jedoch sind Getriebeausgangswelle / Planetenträger stillstehend.

Die stufenlose Geschwindigkeitsreglung erfolgt somit durch den Schwenkwinkel der Axialkolbenpumpe. Bei maximaler Auslenkung ist die Fördermenge maximal, ebenso die Drehzahl am Hohlrad. Wird nun die Axialkolbenpumpe so verstellt, dass diese waagerecht steht, wird keine Flüssigkeit (Öl) befördert und das Hohlrad steht still. Die Umlenkung des Ölstroms in die andere Richtung wird durch den entgegengesetzten maximalen Ausschwenkwinkel der Pumpe erreicht.

„Dreht der Ölmotor das Hohlrad gleichsinnig mit dem Sonnenrad so ergibt sich eine hohe Ausgangsdrehzahl am Planetenträger. Dreht der Ölmotor langsamer oder in die entgegengesetzte Richtung verlangsamt sich die Drehzahl des Planetenträgers bis zum „aktiven“ Stillstand der Ausgangswelle.“ (Walter, J. , S. 12)

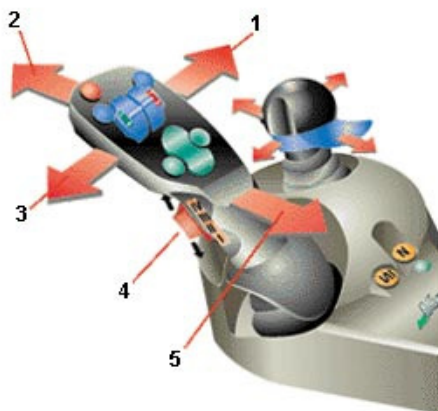
3.4 Bedienung

Der Fahrer steuert dieses Getriebe über einen Joystick anstelle von einem Schalthebel. Bei der Bewegung des Joysticks wird durch einen Computer der Schwenkwinkel der Axialkolbenpumpe elektrohydraulisch verstellt.

Erklärung am Beispiel Fendt Vario:



Bild 12 / 13, Varioterminal, verschiedene Modelle



- 1 Aktivierung Tempomat
- 2 beschleunigen (stufenlos)
- 3 Schnellreversierung (automatisch)
- 4 Grad der Beschleunigung
- 5 verzögern (stufenlos)

Bild 14, Funktion Varioterminal

Der Fahrer hat somit nun die Möglichkeit alle Getriebefunktionen mit einer kurzen Handbewegung zu steuern. Zusätzlich können mit den weiteren auf dem Joystick vorhandenen Tasten wichtige Funktionen, wie etwa die Bedienung der

hydraulischen Steuergeräte, der Heckhydraulik, der Zapfwelle oder vorher einprogrammierte Arbeitsabläufe (und Kombinationen dieser) ausgewählt werden, welches man als „Vorgewendemanagement“ bezeichnet. Diese Funktionen bedeuten eine große Arbeitserleichterung und hohen Komfort für den Fahrer, da diese im Laufe des Arbeitstages sehr häufig ausgeführt werden müssen.

3.5 Herstellerlösungen:

Mittlerweile bieten fast alle Hersteller zumindest in ihren „Premium-Baureihen“ diese stufenlosen Getriebe an. Fendt ist in diesem Segment Marktführer, sie bauten den Varioantrieb bereits 1995 als erstes Unternehmen überhaupt ein, andere Getriebevarianten hat Fendt nicht mehr im Programm.

Allerdings sind John Deere* und Fendt die einzigen Unternehmen, welche Weitwinkelaxialkolbenpumpen mit Schwenkwinkeln bis $+ / - 45^\circ$ verbauen. Alle anderen Hersteller setzen auf Pumpen mit maximalem Ausschwenkwinkel zwischen $+ / - 20^\circ - 25^\circ$. Dies hat allerdings zur Folge, dass hinter den hydraulischen Teil des Getriebes noch 4-8 Gänge nachgeschaltet werden müssen um einen Geschwindigkeitsbereich am Planetenrad zu abdecken und regeln zu können, damit die Stufenlosigkeit des Antriebs gewährleistet ist. (Walter, J., S.12)

* John Deere verbaut dieses „AutoPowr“ Getriebe ausschließlich in der Baureihe 7010, welche nur in den USA verkauft wird. In Deutschland wird das ZF Eccom Getriebe verbaut, das auch bei Deutz - Fahr im Einsatz ist.

4. Vergleich der Antriebs- / Getriebevarianten

Dieser Teil der Facharbeit gibt meine subjektive Sichtweise zu diesem Thema wieder, die ich auf die im Text genannten Quellen stütze.

„Der Schlepperfahrer beim Kartoffelroden:

Die dritte Lastschaltstufe im zweiten Gang ist zu langsam, aber die vierte zu schnell. Eigentlich müsste es eine Stufe dreieinhalb geben.

Weiter vorne im Schlag ist die vierte Lastschaltstufe zu langsam.

Durch das Schalten in den dritten Gang und das zurückschalten in die erste Lastschaltstufe ist durch die Zugkraftunterbrechung ein erheblicher Teil des Zeitgewinns wieder weg, da man auch wieder zurückschalten muss.

Und dann noch die nasse Stelle an der es eine Stufe zweieinhalb geben müsste.“

(Walter, J., S.4)

Herr J. Walter schildert mit diesem Zitat die Nachteile einer Lastschaltung gegenüber einem stufenlosen Getriebe. Allerdings gibt es auch Vorteile für die Lastschaltung, die er hier nicht nennt.

In der Landwirtschaft kann man heutzutage nur wirtschaftlich arbeiten, wenn man kostengünstig produziert. Dazu zählt natürlich auch ein im Verbrauch sparsamer Traktor, der möglichst noch günstig in der Anschaffung und im Unterhalt ist, denn diese Maschine ist für den Betrieb des Hofes nach den Tieren der zweit wichtigste Faktor um Geld zu verdienen.

Allerdings ist es für die meisten Landwirte finanziell kaum möglich sich einen Schlepper mit stufenlosem Getriebe zu leisten, der in der Anschaffung gegenüber einem vergleichbaren Traktor mit Lastschaltgetriebe ca. 8.000 – 10.000,- € mehr kostet.

Normale Schaltgetriebe gibt es heute nur noch in den kleinsten Baureihen am Markt und bei den günstigen osteuropäischen Marken (z.B. Firma Belarus). Sie haben sich gegenüber Lastschalt- und stufenlosen Getrieben nicht bewährt. Zwar haben sie den besten Wirkungsgrad und den niedrigsten Preis, aber die schlechteste Handhabung und Gangabstufung.

Bei einem Neupreis von ca. 70.000,- € für einen 120 PS Schlepper sind diese 10.000,- € für ein stufenloses Getriebe vielleicht auf den ersten Blick kein großer Unterschied, jedoch ist es heutzutage schwer in der Landwirtschaft lukrativ zu arbeiten. Der Preisunterschied ist für einen Landwirt sehr groß, zumal der Traktor mit stufenlosem Getriebe auch genauso mit Lastschaltgetriebe fährt. Der Traktor

muss in der Zeit, die er auf einem Hof verbringt den Lebensunterhalt des Landwirts und die Kosten für sein Nachfolgemodell wieder erwirtschaften. Somit liegt es nahe, dass der Landwirt einen möglichst günstigen Schlepper mit ausgereifter Technik kauft, die schon seit vielen Jahren, auch in den kleineren Baureihen erprobt ist. Trifft er hier eine Fehlentscheidung kann das eventuell den Ruin für seinen Betrieb bedeuten.

Andererseits ist gerade bei den heutigen Kraftstoffpreisen der Dieserverbrauch eines Traktors ein weiteres wichtiges Kriterium. In diesem Bereich können die stufenlosen Getriebe punkten. Durchschnittlich verbrauchen sie etwa 6-7% weniger Kraftstoff gegenüber lastschaltbaren Getrieben, da man immer die optimale Arbeitsgeschwindigkeit wählen kann und bei Höchstgeschwindigkeit von 50km/h eine reduzierte Motordrehzahl von 1700 U/min statt max. 2100 U/min anliegt. (**Bild 15, siehe Anhang**, Landwirtschaftliches Wochenblatt, 5/2001). Der Wirkungsgrad beider Getriebevarianten liegt ungefähr gleich zwischen 75 und 80%, je nach Geschwindigkeit (Walter, J. S.22). Trotz den häufigen Vorurteilen, dass das leistungsverzweigte Getriebe hier einen Nachteil gegenüber lastschaltbaren Varianten habe, ist dies nicht so und wenn doch, dann unterscheiden sich die Werte beider nur um 1 - 2%. Auch im Lastschaltgetriebe herrschen durch die ständig im Eingriff befindlichen Kupplungen und Zahnräder deutliche Kraftverluste, die trotz rein mechanischer Kraftübertragung nicht geringer sind als die in einem hydrostatisch - mechanisch leistungsverzweigten Getriebe (**siehe Anhang, Bild 16**).

Die Vorteile des lastschaltbaren Getriebes liegen in den Anschaffungskosten. Hier kann das stufenlose Getriebe mit seinem viel höheren Anschaffungspreis nicht mithalten. Trotz des höheren Wiederverkaufswerts ist das lastschaltbare Getriebe für viele kleinere und mittlere Betriebe die erste Wahl. Hier zählt nicht vorrangig der Wiederverkaufs- oder Verbrauchswert sondern in erster Linie die Zuverlässigkeit und der Kaufpreis des Schleppers, der zunächst erwirtschaftet werden muss, bevor man gewinnbringend mit dem Schlepper arbeiten kann. Hier in unserer Region ist das Lastschaltgetriebe bei den Landwirten die gängigste Variante. Stufenlose Getriebe werden meist von Lohnunternehmern bevorzugt, die die Traktoren den ganzen Tag über viele Stunden im Einsatz haben. Dort rechnet sich der geringere Kraftstoffverbrauch eher, als bei einem normalen Landwirt. Außerdem spielen hier die weiten Strecken, die die Lohnunternehmer fahren eine wichtige Rolle. Durch die reduzierte Motordrehzahl bei Höchstgeschwindigkeit sinkt der Verbrauch spürbar. Der normale Landwirt hingegen fährt so gut wie nie weite Strecken, deswegen fällt hier dieser Faktor nicht so stark ins Gewicht.

Zudem werden nicht alle Traktormodelle über 100PS mit stufenlosem Antrieb angeboten. Lediglich in den Topmodellen sind durchweg stufenlose Getriebe im Programm oder werden serienmäßig verbaut (je nach Hersteller). Diese Topmodelle werden kaum von normalen Landwirten gekauft, da hierzu die Maschinenauslastung viel zu gering ist.

Auf einem mittelbäuerlichen Betrieb wird eine Maschine pro Jahr zwischen 250 und 400 Stunden genutzt. Diese „Topmodelle“ jedoch werden erst ab 600 Stunden pro Jahr wirtschaftlich interessant und somit rentabel (DLZ Agrarmagazin, S.2, 2006).

Im Ackerbau und im Sonderfruchtanbau (Erdbeeren, Spargel, etc.) werden die Vorteile der stufenlosen Geschwindigkeitsreglung interessanter, da hier wesentlich schwierigere Boden- und Arbeitsbedingungen herrschen, die eine feinere Regulierung der Geschwindigkeit erfordern als bei der Grünlandbewirtschaftung.

Der Komfort des stufenlosen Antriebs ist letztendlich unübertroffen. Die einfache Bedienung per Joystick bedeutet für den Fahrer eine Arbeitserleichterung und Zeitersparnis, die sich auch positiv zugunsten der Wirtschaftlichkeit auswirkt. Allerdings muss man den Vorteil bei der Reparatur von Lastschaltgetrieben sehen, die wesentlich einfacher aufgebaut sind als stufenlose Getriebe. Eine einfache, robuste Technik hat einen hohen Stellenwert bei der Kaufentscheidung eines Traktors, da sich durch einfachere Technik Kosten sparen lassen, z.B. durch selbst durchgeführte Reparaturen oder durch geringere Reparaturzeiten in der Werkstatt.

Fazit:

Ich glaube, dass sich stufenlosen Getriebe im Laufe der nächsten Jahre aufgrund ihres Komforts durchsetzen werden, jedoch wird die Alternative der Lastschaltgetriebe auch in Zukunft am Markt bestehen, weil viele Landwirte hiermit vertraut sind und seit Jahren diese Technik einsetzen und hiermit zufrieden sind.



Bild 17, Blick in die Fahrerkabine, Fendt 412 Vario

Bildanhang (Bildquellen)

Bild 1: (Deutz – Fahr, Getriebehandbuch, Kap. 4, S.27)

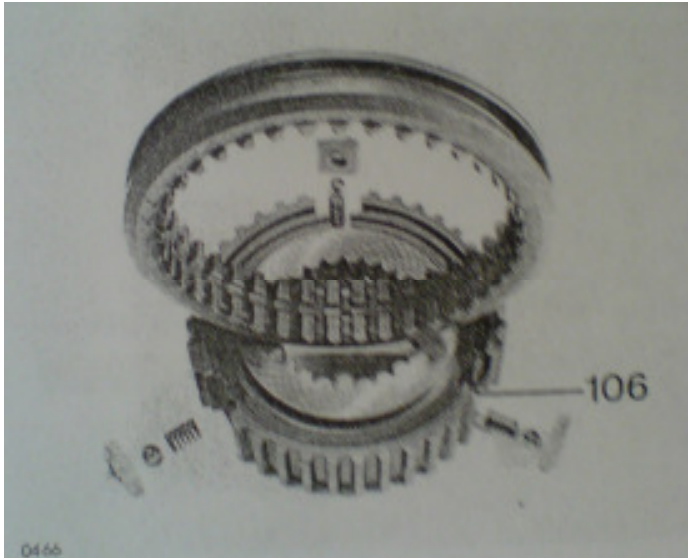


Bild 2: (Deutz – Fahr, Getriebehandbuch, Kap. 4, S.28)

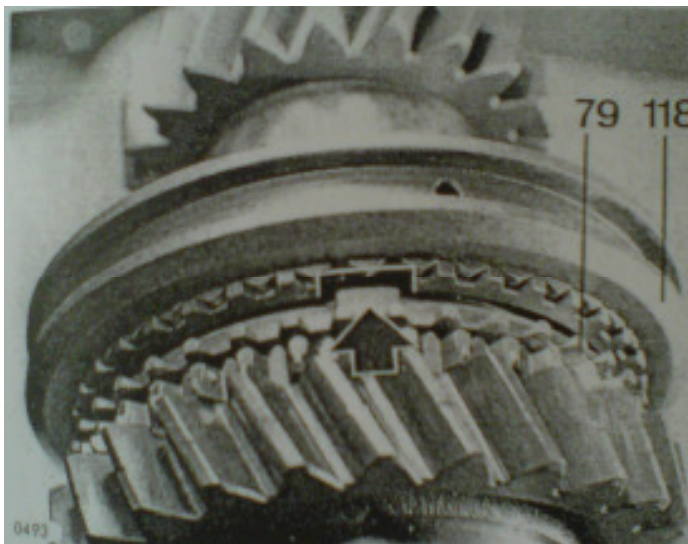


Bild 3: (Deutz – Fahr, Getriebehandbuch, Kap. 4, S.27)

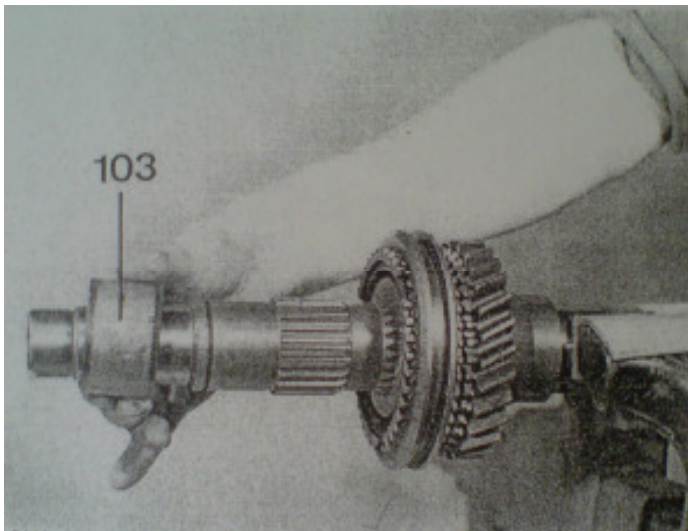


Bild 4: Prospekt Case IH, Maxxum, S.7, 2007

Bild 5: Prospekt Case IH, JXU, S.6, 2007

Bild 6: <http://www.konedata.net/Traktorit/dfAgrotron106.htm>

Bild 7: <http://www.deutz-fahr.de/deutsch/traktoren/agrotron120/popup/10.html>

Bild 8: Walter, Jens; Stufenlose Getriebe in landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren, S.8, Bild 9

Bild 9: Walter, Jens; Stufenlose Getriebe in landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren, S.15, Bild 25

Bild 10: http://www.atphydraulik.ch/ATPDBg/K3VL_pumpe.pdf

Bild 11: http://home.wxs.nl/~brink494/axppm_e.htm (Animation!)

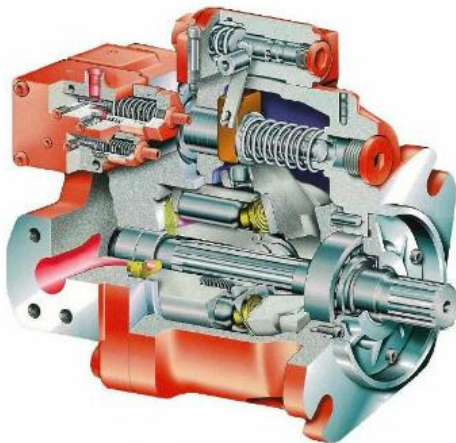


Bild 10 (Schrägscheibenmaschine)

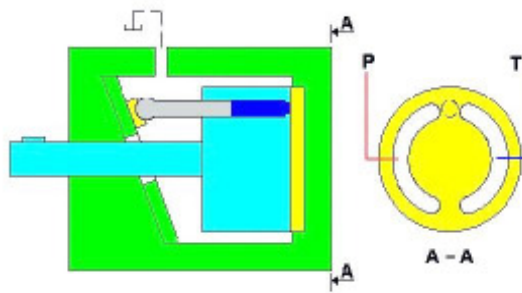


Bild 11 (Schema von Bild 10)

Bild 12: Walter, Jens; Stufenlose Getriebe in landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren S.12

Bild 12: DLZ Agrarmagazin, Sonderdruck „Die Bayern haben wieder einen König“ S.3

Bild 13: Agco GmbH, Prospekt Fendt 400 Vario, S.9

Bild 14: <http://wp0506.remigiushs.de/bernd/index.html>

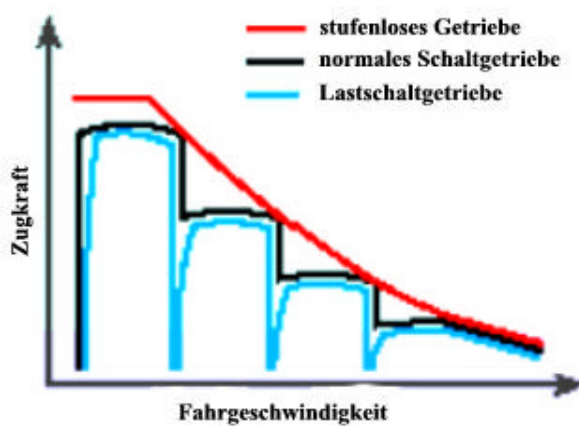
Bild 15: Agco GmbH, Prospekt Fendt 400 Vario, S.3

Bild 15: Profi, Sonderdruck „Vier Varios im Test“, S.11, 8/2007

| Überlegene Produktivität – die Mehrleistung der Stufenlosigkeit | | | |
|---|-------------|-------------|---------------------|
| Betriebstyp | Fläche (ha) | Arbeitszeit | Kraftstoffersparnis |
| Gemischt-betrieb | 50 | -2,7% | -6,5% |
| | 100 | -3,3% | -6,5% |
| | 200 | -4,3% | -6,8% |
| Futterbau-betrieb | 50 | -6,8% | -8,7% |
| | 100 | -6,6% | -8,3% |
| | 200 | -5,5% | -8,0% |
| Marktfrucht-betrieb | 50 | -4,4% | -6,5 % |
| | 100 | -4,6% | -6,4% |
| | 200 | -4,4% | -6,4 % |

Die stufenlose Antriebstechnologie birgt gegenüber Antriebskonzepten mit Lastschaltgetrieben Einsparpotentiale für alle Betriebstypen und -größen.
Datenquelle: Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, 5/2001

Bild 16: Walter, Jens; Stufenlose Getriebe in landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren, S.11



Hintergrundbild S.1: Lohnunternehmen Beckmann, Wipperfürth

<http://www.lohnunternehmen-beckmann.de/downloads/wp03c198992609dd31c1.jpg>

Hintergrundbild S.2: [http://www.biancas-stick-und-](http://www.biancas-stick-und-bastelecke.de/shop/images/KI12268_400x300.jpg)

[bastelecke.de/shop/images/KI12268_400x300.jpg](http://www.biancas-stick-und-bastelecke.de/shop/images/KI12268_400x300.jpg)

Hintergrundbild S.7: Claas, Prospekt Axion, S.26

Hintergrundbild S. 10: Walter J., S.16

Literaturverzeichnis

Braess/Seifert, Vieweg, Handbuch Kraftfahrzeugtechnik, 2007

Vogel, Fahren lernen Klasse L&T, 3/2005

Deutz - Fahr, Werkstatthandbuch Getriebe DX 85 – 120, TW 90.11 - TW 90.31,
10/1982

Case IH, Prospekt Maxxum X-Line, 2007

Walter, Jens; Stufenlose Getriebe in landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren

Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen – Lippe 5/2001

DLZ Agrarmagazin, Sonderdruck, 2006

<http://www.kfz-tech.de/SSynchronisation.htm>

Ich erkläre, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt habe und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Meinerzhagen, den 31.01.2008