

Karl Grad, Steyr

Getriebetechnologie für Traktoren

Die Technologie der Traktorgetriebe hat sich in den letzten vier Jahrzehnten in mehreren Technologiesprüngen von einfachen 5-Ganggetrieben mit Schubradschaltung über Lastschaltgetriebe mit 40 Gängen bis hin zu stufenlosen Getrieben gewandelt. Stufenlose Getriebe, die nach dem Prinzip der hydrostatischen Leistungsverzweigung arbeiten, sind im Leistungsbereich > 75 kW bereits auf breiter Basis akzeptiert und werden ihren Marktanteil bei Traktoren sukzessive weiter ausbauen können und auch neue Anwendungen erschließen. Im Leistungsbereich von 35 bis 75 kW gibt es heute noch keine serienreifen Entwicklungen; die Anforderungen in dieser Fahrzeugklasse sind heute noch relativ schwierig mit am Markt erzielbaren Preisen zu vereinbaren.

Dr.-Ing. Karl Grad leitet die Bereiche Entwicklung und Vertrieb des Produktbereiches Landmaschinensysteme der ZF Passau GmbH, ZF Steyr GesmbH & Co KG, Schönauerstr. 5, A-4400 Steyr; e-mail: karl.grad@zf.com

Schlüsselwörter

Getriebetechnologie, Stufengetriebe, Stufenlosgetriebe

Keywords

Transmission technology, gear transmission, stepless speed transmission

Mit der Feier seines 65. Geburtstages kann Prof. Renius auf rund 40 Jahre intensiven und erfolgreichen Schaffens auf dem Gebiet der Antriebstechnik insbesondere für landwirtschaftliche Traktoren zurückblicken. Der folgende Beitrag will deshalb die Historie und die zukünftige Entwicklung der Antriebstechnologie für Traktoren aus Sicht eines spezialisierten unabhängigen Zulieferers, der ZF Passau, beleuchten.

Entwicklung der Getriebetechnologie in den letzten 40 Jahren

Mit Aufnahme der Traktorgetriebefertigung in Passau nach dem 2. Weltkrieg konnte man die Produktion noch einer stattlichen Zahl von annähernd 50 überwiegend deutschsprachigen Traktorherstellern anbieten. Bis zum heutigen Tag hat sich die Zahl der Traktorhersteller in Westeuropa und Nordamerika auf einige wenige Großunternehmen reduziert, namentlich auf AGCO, CNH, J. Deere, Landini/McCormick, Renault, Same Deutz-Fahr und VALTRA.

Ähnlich umwälzend waren auch die technologischen Veränderungen. Die 60er Jahre waren für die ZF Passau noch geprägt vom Übergang von den 5-Ganggetrieben mit Schubradschaltung auf die Baureihe A-200, einem 8-Ganggetriebe mit Klauenschaltung und integriertem Kraftheber für Leistungen von 7 bis 44 kW. 1968 wurden die ersten teilsynchronisierten Getriebe der Baureihe A-300 mit zwölf Gängen auf den Markt gebracht und 1972 mit der Baureihe T-3000 technisch und leistungsseitig aufgewertet. Mit Beginn der neunziger Jahre erfolgt der Übergang auf teillastschaltbare Getriebe der Baureihe T-7000, 3- und 4fach Lastschaltgetriebe für Leistungen bis 190 kW. Seinen vorläufigen Höhepunkt hat diese Technologieentwicklung 2000 und 2001 in der Serienführung der stufenlosen Getriebe ZF Ecom und ZF S-Matic gefunden.

Aus der Vielzahl von technologischen Veränderungen seien zwei Entwicklungen stellvertretend herausgegriffen:

Das Öl ist im Laufe der Zeit ein zentrales Konstruktionselement in der Getriebeentwicklung geworden. Ursprünglich nur für die Tauchschmierung, später für Druckumlaufschmierung des Getriebes eingesetzt, steigerte sich die Bedeutung des Öles als

Druckmedium zur Ansteuerung von Lamellenkupplungen für den Fahrtrieb und die Nebenabtriebe. Teilweise wurden und werden auch hydrodynamische Kupplungen als Anfahrlement eingesetzt. In der jüngsten Technologiestufe der Stufenlosgetriebe hat das Öl als Medium zur Übertragung der Antriebsleistung nach dem Prinzip der hydrostatischen Leistungsverzweigung eine zentrale Bedeutung übernommen.

Heutige Getriebetechnologie ist ohne Einsatz von elektronischen Steuerungen undenkbar. Die Einführung der Lastschaltgetriebe-Technologie in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts hat auch den Grundstein für die verbreitete Verwendung elektrohydraulischer Getriebesteuerungen gelegt – Erfahrungen und Erkenntnisse aus dieser Technologiestufe waren unverzichtbar für die Marktreife heutiger Stufenlosteknik.

Stufengetriebe

Heutige Stufengetriebe haben typischerweise bis zu vierzig Gänge und besitzen häufig 2-, 3- und 4fach Lastschaltung, einige Konzepte sind volllastschaltbar. Die Stufengetriebe haben einen hohen technischen Stand erreicht und werden nach Ansicht des Autors noch für geraume Zeit ihren Markt neben den stufenlosen Getrieben behaupten können – ähnliche Tendenzen sind auch im Bereich der Pkw-Getriebeentwicklung zu erkennen. Weitere Detailentwicklungen konzentrieren sich auf die Automatisierung der Lastschaltung unter Einbeziehung des Verbrennungsmotors, automatisierte Shift-by-Wire Konzepte für die Schaltung der Synchrongänge sowie Managementsysteme mit Einbeziehung der Nebenverbraucher.

Stufenlose Getriebe

Stufenlose Getriebe, die nach dem Grundprinzip der hydrostatischen Leistungsverzweigung arbeiten, sind heute erhältlich in Traktoren der Fa. Agco unter der Bezeichnung Vario (Eigenentwicklung, 63 bis 221 kW), der Fa. John Deere unter der Bezeichnung AutoPowr (ZF Ecom 81 bis 118 kW, JD-Eigenentwicklung 118 und 129 kW), der Fa. CNH bei den Marken Case und Steyr unter der Bezeichnung CVX/CVT (ZF S-Matic 92 bis 121 kW) und der Fa. Deutz-Fahr unter

der Bezeichnung Agrottron ttv (ZF Eccom 92 bis 110 kW). Alle Traktorenhersteller treiben aktuell ihre Entwicklungsprojekte intensiv voran, um die existierenden Baureihen mit Stufenlosgetrieben weiter auszubauen oder diese Getriebeoption erstmals in ihr Bauprogramm aufzunehmen; die Stichtage zur Einführung der neuen Emissionsrichtlinien fallen oftmals auch mit der Einführung neuer Getriebetechnologie zusammen. Es kann davon ausgegangen werden, dass zur Agritechnica 2005 alle Traktorenhersteller zumindest eine Traktorenbaureihe mit Stufenlosgetriebe anbieten werden.

Nach Einschätzung der Fa. ZF werden ab 2007 bereits 50% aller Traktoren mit einer Motorleistung > 75 kW mit einem stufenlosen Getriebe ausgestattet sein.

Die Anwendervorteile der stufenlosen Getriebe sind mittlerweile weitgehend anerkannt und von neutralen Stellen bestätigt. Die Möglichkeit, die Fahrgeschwindigkeit – von der Motordrehzahl weitgehend abgekoppelt – stufenlos und feinfühlig an die jeweilige Einsätze anpassen zu können, wird hierbei kaum noch gewürdigt, obwohl es die Haupttriebfeder für die Entwicklung stufenloser Getriebe war. Im Vordergrund der Anwendergunst stehen die einfache Bedienbar-

keit und die Arbeitserleichterung, die sich aus den Betriebsstrategien und der kombinierten Motor-/Getriebesteuerung ergeben, die zu den wesentlichen Bestandteilen der ZF Getriebesysteme Eccom und S-Matic zählen. Die Potenziale, die das stufenlose Getriebe zur Optimierung des Gesamtsystem „Traktor-Arbeitsgerät“ beitragen kann, sind heute nur zum geringen Teil wirklich ausgeschöpft und weisen auf einen Weg, an dessen Ende der weitgehend autonome Ablauf eines Arbeitsprozesses mit dem Traktor als universeller Antriebseinheit steht.

Weit weniger Beachtung findet, dass im Vergleich mit teillastschaltbaren Getrieben die Stufenlosgetriebe einen beträchtlichen Mehrwert für den Anwender vorweisen können, da sie eine Reihe von funktionellen Merkmalen in sich vereinen, die bei anderen Getriebekonzepten nicht oder nur mit erheblichen Zusatzkosten zu realisieren sind. Zu nennen sind hier minimal mögliche Fahrgeschwindigkeiten von 50 m/h, welche sich mit konventionellen Stufengetrieben nur sehr aufwendig darstellen lassen; oder die Möglichkeit, in Geared-Neutral-Betrieb äußere Lasten im Fahrzeugstillstand zu halten und aus dieser Position heraus über das Fahrpedal anfahren zu können – eine Funk-

tion, die bei konventionellen Getrieben über ein Turbokupplung realisiert wird und nur gegen entsprechenden Aufpreis erhältlich ist. Als „shift-by-wire“ System ausgeführt, entfallen bei den Stufenlosgetrieben aufwendige Schaltgestänge und Schalthebel, daraus resultieren flexiblere Betätigungskonzepte in der Kabine (insbesondere auch vorteilhaft bei Traktoren mit Rückfahreinrichtung) und bessere Ausgangsbedingungen für die Schallisolation der Kabine.



EurOpal, FixPack



Vari-Diamant, VarioPack



Vari-Titan

LEMKEN
THE AGROVISION COMPANY



System-Korund



Quarz, Saphir



Smaragd, Solitair

LEMKEN GmbH & Co. KG
Weseler Straße 5 · D-46519 Alpen
Telefon (+49) 28 02 / 81-0
Telefax (+49) 28 02 / 81-2 20
Internet: www.lemken.com
E-Mail: lemken@lemken.com

Welche Stufenlosgetriebe-Technik für welche Anforderung und welche Leistungsklasse?

Der technische Stand, der bei den hydrostatisch-leistungsverzweigten Getrieben erreicht wurde, lässt erwarten, dass sich diese Technologie für Traktoren > 75 kW nicht nur etablieren, sondern weiter verbreiten wird.

In dem Maße, mit welchem die Anforderungen an Leistungsfähigkeit und Qualität der Arbeitserledigung in der Außenwirtschaft ansteigen, werden in Zukunft in zunehmendem Umfang selbstfahrende spezialisierte Arbeitsmaschinen eingesetzt werden, wie etwa in der Technik der Gülleausbringung. Diese Fahrzeuge stellen vergleichsweise ähnliche Anforderungen an die Antriebstechnologie, sie sind daher prädestiniert für den Einsatz stufenloser Getriebe auf Basis der hydrostatischen Leistungsverzweigung, die dem Konstrukteur leistungsseitig nach oben praktisch keine technische Beschränkung auferlegt.

In selbstfahrenden Erntemaschinen dominiert heute der rein hydrostatische Antrieb, weil der Hauptanteil der Antriebsleistung zum Antrieb der Arbeitswerkzeuge und nicht für den Fahrtrieb eingesetzt wird. Sofern nicht eine größere Spreizung für den Fahrtrieb ohnehin den Übergang zur Leistungsverzweigung erforderlich macht, scheint die Verwendung der hydrostatischen Leistungsverzweigung eher für den Antrieb der Arbeitswerkzeuge (Häckselaggregat oder Dreschwerk) sinnvoll, umso mehr, wenn mit der stufenlosen Verstellung eine Durchsatzregelung verwirklicht werden kann. Richtungsweisend ist eine Entwicklung von John Deere für die selbstfahrenden Häcksler der Serie 7000, in denen die hydrostatische Leistungsverzweigung für den Antrieb der Zuführwalzen eingesetzt wird und dadurch eine stufenlose Schnittlängenverstellung realisiert wird.

Für Traktoren < 35 kW zeichnet sich eine Tendenz ab, stufenlose Getriebe auf Basis rein hydrostatischer Antriebe zu realisieren. Bezogen auf die speziellen Einsatzprofile sind die damit erzielbaren Gesamtwirkungsgrade vertretbar, günstige Kosten gehen einher mit einem einfachen und wirkungsvollen Fahrtrichtungswechsel über die Hydraulikpumpe.

Der Leistungsbereich von 35 bis 75 kW ist bislang technologisch noch nicht endgültig besetzt. Das große Marktpotenzial macht diese Fahrzeugklasse für Kunden und Hersteller besonders interessant. Nimmt man die Anzahl der Gänge, die konventionelle Traktorgetriebe in dieser Leistungsklasse heute einschließlich der Kriechgänge zur Verfügung stellen, als Maßstab für die Notwendigkeit, Fahrgeschwindigkeiten stu-

fenlos einstellen zu können, so ergibt sich für den genannten Leistungsbereich mit der größte Bedarf für stufenlose Fahrtritte.

Technische Lösungen für stufenlose Getriebe stehen in einem extremen Spannungsfeld der Erwartungshaltung an die technische Leistungsfähigkeit und die Stückkosten. Die Kundenerwartung an die Funktionalität orientiert sich an den Erfahrungswerten der oberen Leistungsklassen mit einer besonderen Bedeutung einer guten Shuttle-Funktionalität wegen des verbreiteten Frontlader-Einsatzes, optimal wäre eine PowerShuttle-Kupplung.

Einer weiteren Ausdehnung der hydrostatischen Leistungsverzweigung stehen in dieser Leistungsklasse verhältnismäßig hohe Stückkosten und schlechte Gesamtwirkungsgrade entgegen. Mechanische Variatoren, die nach dem Prinzip der Umschlingungsgetriebe arbeiten und die von Renius intensiv erforscht worden sind, lassen diesbezüglich Vorteile erwarten; demgegenüber stehen vergleichsweise hohe Entwicklungskosten und -risiken, die sich nur eingrenzen lassen, wenn auf entsprechendes technisches Know-how aus der Pkw-Entwicklung zurückgegriffen werden kann, wie im Fall der ZF-Gruppe gegeben. Neben den funktionalen Anforderungen existieren relativ restriktive Randbedingungen hinsichtlich des Einbauraumes eines stufenlosen Getriebes: eine erfolversprechende technische Lösung muss sich im Einbauraum eines Schmalspurtraktors verwirklichen lassen, wozu eine intensive Zusammenarbeit zwischen Getriebe- und Fahrzeugentwicklung erforderlich ist.

Ausblick

Was in vierzig Jahren der Stand der Technik in der Traktortriebstechnik sein wird, kann niemand zuverlässig vorhersagen. Höheres Entwicklungstempo und immer spezielleres, vielfältigeres technisches Know-how werden in den Entwicklungsabteilungen gefordert werden, während gleichzeitig die Produktionszahlen für landwirtschaftliche Traktoren weiter zurückgehen werden. Neben unabhängigen Zulieferern wie die ZF-Gruppe bedingt dies nicht zuletzt ein profundes Umfeld von Ausbildungsstätten für Entwicklungingenieure und von wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, die Fragen grundlegender Art für einen breiteren Nutzerkreis bearbeiten können, wie das am Lehrstuhl für Landmaschinen unter Leitung von Prof. Renius geschah.