

Motoren und Getriebe bei Traktoren

Karl Theodor Renius, c/o Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München
Marcus Geimer, Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruher Institut für Technologie
Roger Stirnimann, Berner Fachhochschule

Kurzfassung

Bei Traktordieselmotoren etabliert sich die SCR-Technik zur Erfüllung der Abgasstufe IV ab 56 kW (Vorschriftensprung). Mit der Umsetzung dieser Stufe wurden die Motoren weiter optimiert, wobei man u. a. den AdBlue-Verbrauch reduzieren konnte. Stufenlose Getriebe sind weit verbreitet - ZF wurde hier zu einem bedeutenden weltweiten Zulieferer. John Deere brachte das neue automatische Volllastschaltgetriebe e23 in den Markt. Globale Entwicklungen modularer Baukastensysteme für Motoren und Getriebe gewinnen weiter an Bedeutung. Elektrische oder hybride Traktorfahrantriebe bleiben Gegenstand der Forschung. Die Verlustminimierung im gesamten Antriebsstrang bleibt ein wichtiges Ziel.

Schlüsselwörter

Traktor, Dieselmotor, Emissionen, SCR, Getriebe, Lastschaltung, CVT, elektrische Antriebe

Tractor Engines and Transmission

Karl Theodor Renius, c/o Chair of Automotive Technology, Technical University of Munich
Marcus Geimer, Chair of Mobile Machines, Karlsruhe Institute of Technology
Roger Stirnimann, Bern University of Applied Sciences

Abstract

Above 56 kW, SCR technology is gaining basic importance for Diesel engines due to a step in regulations. Along with introducing EU step IV, engines have been further optimized offering amongst others a reduced AdBlue consumption. CVT's have broad acceptance - ZF has become here a worldwide important supplier. John Deere could launch the new automatic full power shift e23. Developments of modular engine and transmission systems for global use become again more important. Electric and hybrid drive systems remain in the research stage. Reduced losses of the drive line are still an important issue.

Keywords

Tractor, Diesel engine, emissions, SCR, transmission, power shift, CVT, electric drives.

Übersichten Antriebsstrang und Zapfwelle(n)

Während die drei großen Hersteller John Deere, CNH und AGCO ihre Motoren und Getriebe weitgehend aus eigenem Hause verwenden und damit hohe Wertschöpfungen erreichen, konnten sich auch kleinere Firmen trotz zugekaufter Hauptkomponenten am Markt gut positionieren. Das gilt zum Beispiel für Deutz-Fahr, Lindner, osteuropäische Hersteller und sogar für fernöstliche Firmen [1].

Erheblichen Anteil an diesem Trend hat neben den großen Motorenherstellern der weltweit aktive Zulieferer ZF, **Tafel 1** [2]. Alle hier aufgelisteten, aktuellen CVTs arbeiten mit primärer Kopplung (Summierung durch Planetengetriebe), relativ kleinen Hydrostaten (Back-to-back-Bauweise) und Lastschalt-Wendegedrieben. Die größeren CVT's haben Hydromotoren in Schrägachse-Bauweise (konstant 40°), die einen etwas besseren Wirkungsgrad bieten.

Tafel 1: Stufenlose, leistungsverzweigte Traktorgetriebe von ZF mit Einbaubeispielen und Jahr des Serienanlaufes der betreffenden Traktoren. Status 2014/15. Traktor-Produktionsländer in Klammern

Table 1: Infinitely variable power split tractor transmissions from ZF as used in tractors - with years of related tractor series start-ups. Countries of tractor production in brackets

Getriebetyp Transmission type	Einbaubeispiel Use in tractor(s)	Jahr Year	V/R F./R.	Pumpe/Motor Pump/Motor
TERRAMATIC TMT09	Lindner (AT): Lintrac 90	2014	2/1	45/45 cm ³
TERRAMATIC TMT11	in Planung / in planning	-	2/1	45/45 cm ³
TERRAMATIC TMT14	in Planung / in planning	-	4/4	28/28 cm ³
TERRAMATIC TMT16	Kubota (FR): Serie M7001	2015	4/4	45/45 cm ³
TERRAMATIC TMT18	Argo (IT): McCormick X7 VT	2015	4/4	45/45 cm ³
TERRAMATIC TMG25	Claas (FR): Axion 810/830	2014	4/4	45/45 cm ³
TERRAMATIC TMG28	Claas (FR): Axion 850	2014	4/4	65/56 cm ³ *
TERRAMATIC TMT32	Deutz-Fahr (DE): Serie 9 TTV	2015	4/4	65/56 cm ³ *
TERRAMATIC TMG45	Deutz-Fahr (DE): Serie 11 TTV	2016	4/4	110/90 cm ³ *
ECCOM 1.3	Deutz-Fahr (DE): Serie 6 TTV	2013	4/4	28/28 cm ³
	TYM (KR): TX 1500	2013		
ECCOM 1.5	Deutz-Fahr (DE): Serie 6 TTV	2013	4/4	40/40 cm ³
ECCOM 1.5	John Deere (DE/US): 6110R - 6135R	2015	4/4	28/28 cm ³
ECCOM 1.8	John Deere (DE/US): 6145R - 6155R	2015	4/4	45/45 cm ³
ECCOM 2.0	John Deere (DE/US): 6175R - 6195R	2014	4/4	45/45 cm ³
ECCOM 2.4	John Deere (DE/US): 6215R	2014	4/4	45/45 cm ³
S-MATIC 240	Deutz-Fahr (DE): Serie 7 TTV	2012	4/4	75/75 cm ³
ECCOM 3.0	Claas (FR): Axion 900	2012	4/4	85/85 cm ³
ECCOM 4.5	Claas (DE): Xerion 4000 - 5000	2014	4/4	110/90 cm ³ *
ECCOM 5.0	Terrion (RU): ATM 7000	2011	4/4	110/90 cm ³ *
	Claas Xerion (DE): 4000 - 5000	2014		

Alle Hydroeinheiten in Schrägscheibenbauweise, nur hier *) Hydromotoren in Schrägachsenbauweise

Die globale Vielfalt von Traktorgetrieben - von sehr einfach bis sehr komplex - wurde in [3] an Hand von 5 Technologiestufen strukturiert und mit aktuellen Beispielen veranschaulicht.

Dieselmotoren

Die Umsetzung der europäischen Abgasvorschriften hält an: Stufe IV (56-560 kW) wurde ab 2014 wirksam. Der technische Aufwand ist beträchtlich (**Bild 1**). Durch den gleichzeitigen Einsatz verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der Stickoxide und Partikel können die Motoren weiter optimiert und der Verbrauch von AdBlue (Harnstoff) reduziert werden.

Die EU-Kommission hat ihren Vorschlag zu einer Abgasstufe V vorgestellt, die schrittweise für die verschiedenen Motorleistungsklassen ab 2019 eingeführt werden soll. Für Dieselmotoren zwischen 19 und 560 kW soll ein einziger, niedriger Grenzwert für Partikelmasse und -anzahl festgelegt werden, was aus heutiger Sicht einen Partikelfilter erforderlich macht. Ferner sollen Traktoren mit Nennleistungen bis 19 kW und über 560 kW einbezogen werden.

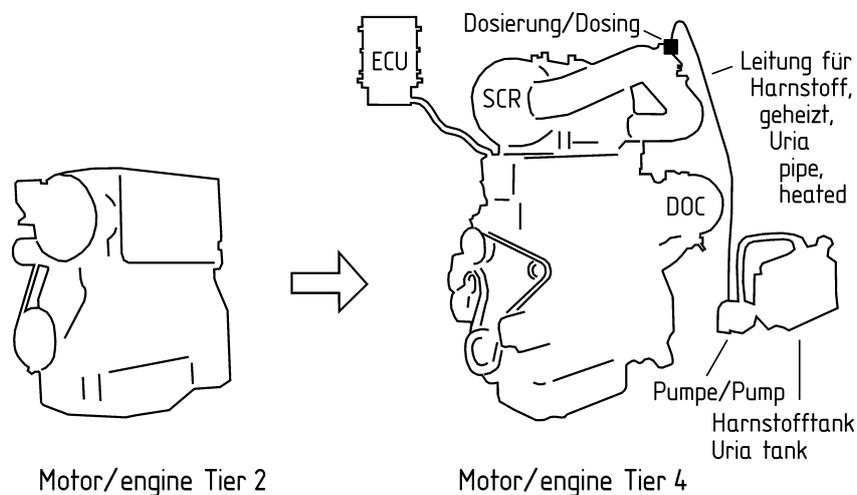


Bild 1: Zusatzaufwand durch Abgasnachbehandlung mit DOC und SCR (noch ohne DPF). Nach [4]
Figure 1: Additional equipment for emission treatment by DOC and SCR (still without PDF). After [4]

Wegen der nach Leistung gestaffelten Emissionsgrenzen wurde der Motorenmarkt bis 56 kW belebt, weil man hier mit einfacher Abgasnachbehandlung (ohne SCR) auskommt. Darüber setzt sich SCR-Technik weiter durch [5]. Während viele Motorfirmen dabei zusätzliche Maßnahmen wie AGR, DOC und DPF einsetzen, hat Liebherr angekündigt, allein mit SCR und innermotorischen Maßnahmen auszukommen [6]. Die Abgasnachbehandlungssysteme werden weiter verbessert, z.B. durch Optimierung der SCR-Technik [7], Aufbau eines Baukastensystems [8] oder Kostenreduktion durch Systemoptimierung [9].

Gleichzeitig plant man für weniger anspruchsvolle Märkte mit dem gleichen Grundmotor kostengünstigere Versionen im Sinne der in [10] dargelegten Strategie von global angepassten Technologiestufen.

Die Scheu vor besserer Nutzung des Leistungspotenzials von 4-Zylindermotoren nimmt weiter ab, man nähert sich langsam den hohen Mitteldrücken aufgeladener 6-Zylindermotoren.

Brennraum-Spitzendrücke um 200 bar und mögliche Kraftstoffeinsparungen haben bei Nutzfahrzeugen teilweise zum Übergang auf Stahlkolben geführt [11], die man auch für Traktoren überlegt.

Langzeiterfahrungen mit Pflanzenöl-Traktoren wurden in [12] mitgeteilt. Dabei entstehende Herausforderungen an die Abgasnachbehandlung entsprechend EU-Stufe IV werden in [13] behandelt. Ein Schweizer Bericht aus dem Institut Agroscope [14] schlägt einen neuen Testzyklus vor, der weniger stark dynamisch ist als der derzeitige NRTC-Zyklus.

Die Potentiale alternativer Kraftstoffe, wie z.B. Methan oder Biomethan, werden in [15] diskutiert. [16] und [17] zeigen grundsätzliche Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung von mobilen Arbeitsmaschinen auf.

Aus dem Verbundprojekt TEAM (Energiesparende Antriebe mobiler Arbeitsmaschinen) wurden Ergebnisse der unterschiedlichen Teilprojekte in einer Serie veröffentlicht [18 bis 21]. Die Publikation [20] zeigt Verbrauchsvorteile auf, wenn man die Drehzahlspannweite des Dieselmotors deutlich reduziert. Das wurde schon früher vorgeschlagen - leider wird der Motor dadurch spezifisch, d. h. je kW Nennleistung, teurer.

Gestufte Fahrtriebe

Die weltweite Bandbreite ist hier besonders groß, reicht vom einfachen, handgeschalteten 8-Ganggetriebe bis zu unter Last schaltbaren Automatikgetrieben mit etwa 20 Stufen [3].

Zunächst sei zum unteren Technologiebereich ein Getriebe von Carraro gezeigt, das man seit 2011 für CNH in Indien produziert (**Bild 2**).

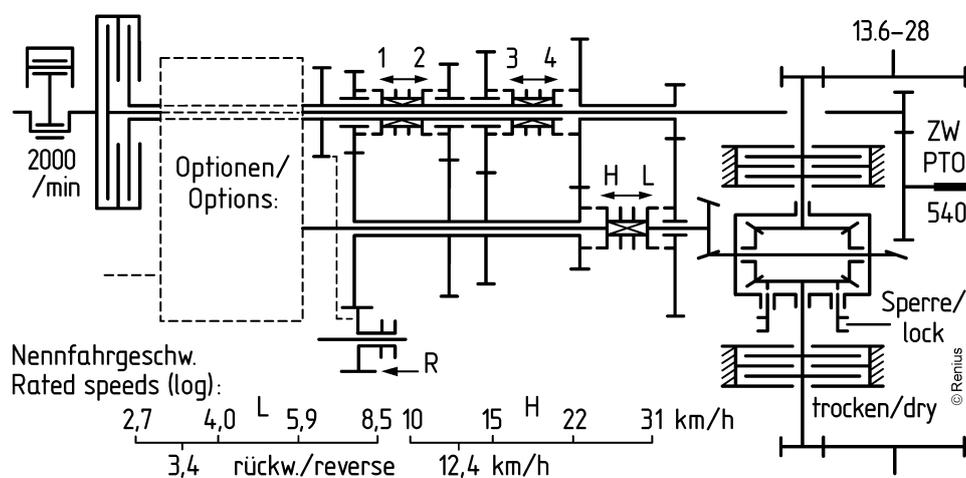


Bild 2: Carraro-Getriebe 8/2 für CNH/Indien, Version T3-0 basic (2011). Eingangsleistung bis 25 kW.

Optionen: Synchronisierte V-R-Schaltung, synchronisierte Hi-Lo Splitgruppe, Ausgang Allradantrieb

Figure 2: Cararo transmission for CNH/India, version T3-0 basic (2011). Input power up to 25 kW.

Options: Synchronized forward-reverse shuttle, synchronized Hi-Lo-split shift, four wheel drive output

Der technische Stand entspricht nach [3] etwa der Technologiestufe II mit Optionen in Richtung III. Bemerkenswert ist an diesem Getriebe die Realisierung von 8 Vorwärtsgängen mit nur 5 Radpaaren. Ein ähnliches Konzept hat John Deere seit 2010 für Traktoren in Indien.

8 Vorwärtsgänge mit 5 Radpaaren gelten im Traktorenbau als sehr kostengünstige Lösung. Dieses wird z. B. dadurch belegt, dass KHD (Deutz) von 1966 bis 1981 mit dem TW 50 ein

ähnliches Konzept erfolgreich in sehr großen Stückzahlen produzierte [22]. Dieses KHD-Getriebe hatte den Rücklauf bereits als Gruppe.

Am oberen Ende der Technologieskala führte John Deere 2014 sein neues automatisches Volllastschaltgetriebe e23 (23/11) ein, das schon im letzten Jahrbuch erwähnt wurde, zunächst für die Baureihen 7R (**Bild 3**), geplant für die Traktoren 8R in 2015. Während das bewährte Vorgängergetriebe 16/5 eine deutliche Verdichtung der Stufung im Hauptarbeitsbereich aufwies [23], hat das neue Konzept nun eine durchgehend feine Stufung mit vor allem verbesserten Transportgeschwindigkeiten und der Möglichkeit, Maximalgeschwindigkeiten bei reduzierter Motordrehzahl darzustellen. Die Struktur bietet an sich sogar 24/12 Stufen - ein Gang bleibt wegen besserer Schaltbarkeit ungenutzt [24].

Bereits 2012 hatte auch CNH Industrial ein wesentlich weiter entwickeltes, voll lastschaltbares 19/4-Automatikgetriebe eingeführt, das in [25] bereits besprochen wurde.

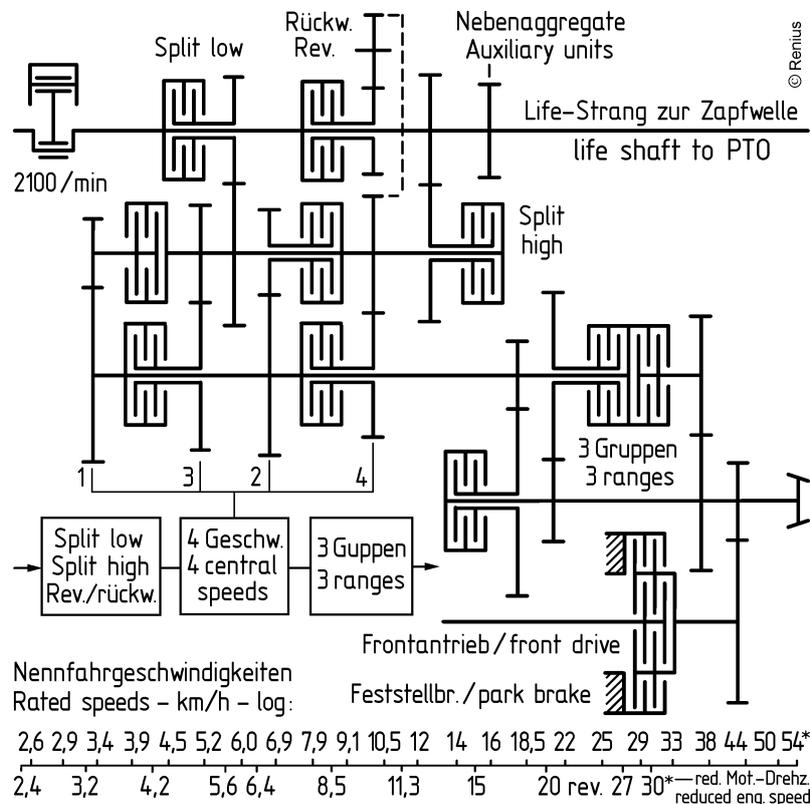


Bild 3: Neues Voll-Lastschaltgetriebe e23 (23/11) von John Deere für Baureihen 7R und 8R (2014/15). Dargestellte Version gilt für 7R.

Figure 3: New full power shift transmission e23 (23/11) from John Deere für models 7R and 8R (2014/15). Presented version installed for 7R

Hydrostatisch-stufenlose Fahrtriebe

Case IH und New Holland haben für stufenlose Getriebe einen gemeinsamen Baukasten entwickelt: für Maxxum und T6 - PUMA und T7 - Magnum und T8 [26].

Das CVT des Puma bzw. T7 mit Fahrbereichen nach dem Doppelkupplungsprinzip war in [25] bereits beschrieben worden. Für die darunter angesiedelten Baureihen Case IH Maxxum und NH T6 sowie für untere Typen der NH-Baureihe T7 wurde ein ähnliches, aber etwas einfacheres Konzept entwickelt (**Bild 4**). Die wieder primär gekoppelte, aber kompaktere leistungsverzweigte CVT-Einheit ist mit 2V/1R (statt 4V/2R) Fahrbereichen kombiniert. Dabei wird zwischen L (langsam) und H (schnell) im Synchronpunkt automatisch unter Last geschaltet. Mit Hilfe der Doppelkupplung kann man ferner unter Last reversieren - und zwar zwischen den Bereichen L (vorwärts) und R (rückwärts).

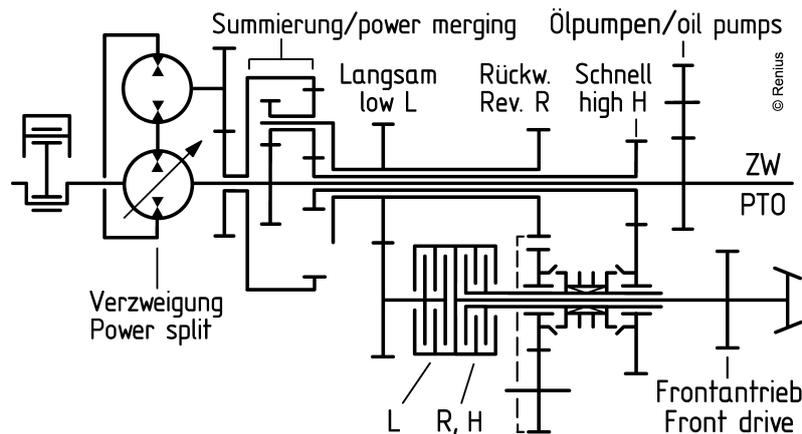


Bild 4: Leistungsverzweigtes stufenloses Getriebe nach dem Doppelkupplungsprinzip von CNH Industrial für Baureihe Case IH Maxxum, New Holland T6 und untere Typen T7 (2013)

Figure 4: Power split CVT using double clutch principle from CNH Industrial for the models Case IH Maxxum, New Holland T6 and lower models T7 (2013)

Fendt (AGCO) entwickelte für die 2014 präsentierte neue obere Baureihe 1000 (siehe Jahrbuchbeitrag Gesamtentwicklung Traktoren) ein völlig neues, großes Vario-Getriebe, über das aber noch keine Details verfügbar sind.

ARGO kündigte auf der EIMA 2014 ein neues leistungsverzweigtes Stufenlosgetriebe für die McCormick-Baureihe X6 an. Entwickelt wurde dieses in Zusammenarbeit mit der österreichischen Firma VDS, gebaut werden soll es ab 2015 bei ARGO in Italien. Konzeptbasis ist die gestreckte Ausführung der VDS-Grundstruktur VTP 1RH2F, bei welcher eine Back-to-back-Hydrostateinheit von Bosch-Rexroth zur Anwendung kommt (45/45 ccm). Dieses Getriebe weist drei Fahrbereiche vorwärts und zwei rückwärts auf. Im ersten reversierbaren Fahrbereich (V/R) ist der Antrieb direkt hydrostatisch. Die Umschaltung auf den zweiten, leistungsverzweigten Fahrbereich erfolgt automatisch im Synchronpunkt. Für die Vorwärtsfahrt steht noch ein dritter, ebenfalls leistungsverzweigter Bereich zur Verfügung.

Reform hat für den Transporter Muli T10 X das hydromechanische Getriebe HybridShift vorgestellt (geplanter Serienstart 2015). An das bestehende 2x4-Schaltgetriebe werden eine Hydropumpe und ein Hydromotor angebaut. Im mechanischen Modus sind die Hydraulikkomponenten vom Antriebsstrang getrennt, man fährt dann rein mechanisch. Nach einem Wechsel in den hydrostatischen Modus wird die Getriebeeingangswelle stufenlos über die Hydrostateinheit angetrieben, woraus sich ein direkter hydrostatischer Antrieb mit acht Fahr-

stufen ergibt. Ein ähnliches Konzept wurde bereits auf der Agritechnica 2013 von Mercedes-Benz mit dem EasyDrive-Getriebe für den Unimog in Euro-6-Ausführung präsentiert [27].

Ebenfalls zur Agritechnica 2013 wurde von Sauer Bibus ein Prototyp-Getriebe für den Gross-Geräteträger VT5518 von Vredo vorgestellt. Dieses leistungsverzweigte Stufenlosgetriebe weist eine ausgangsgekoppelte Grundstruktur mit zwei Fahrbereichen auf. Sie werden automatisch gewechselt, die synchronen Drehzahlen an den entsprechenden Getriebewellen werden durch Anpassung der Schwenkwinkel bei Hydropumpe und -motor erreicht [28].

Leistungsverzweigte Fahrtriebe wurden inzwischen auch für Baumaschinen entwickelt - vor allem für Radlader. Bosch Rexroth und DANA (Italien) stellen in [29] mit dem "HVT" ein Konzept vor, das (zum guten Reversieren) einen ersten direkten hydrostatischen Fahrbereich hat (mit 2 Verstelleinheiten), an den sich zwei weitere leistungsverzweigte Bereiche anschließen (primär gekoppelt).

Ein etwas aufwändigeres Konzept gleicher Zielrichtung hat Liebherr (Biberach) in [30] für Baumaschinen präsentiert - auch mit einem ersten hydrostatischen Fahrbereich, aber drei weiteren leistungsverzweigten Bereichen (auch primär gekoppelt). Man hat 3 Verstelleinheiten, kommt dafür aber mit nur 2 Kupplungen und einer Bremse aus.

Ein sekundär gekoppelter leistungsverzweigter Hybrid-Fahrtrieb mit 30l Hochdruck-Speicher wurde für ein SUV (Geländewagen, 110 kW) in [31] simuliert - mit Vorteilen im Kraftstoffverbrauch beim Vergleich mit einem 6-Gang-Stufengetriebe.

Fahrtriebe mit Leistungsverzweigung werden zum Beispiel auch in Motorrädern von Honda verbaut.

Stufenlose sonstige und hybride Systeme

Toyota hat angekündigt, 2015 mit der Serienproduktion einer Oberklasselimousine zu beginnen, die über Brennstoffzellen angetrieben wird (zunächst nur für Japan). Man plant, ab 2020 Brennstoffzellenautos in fünfstelliger Jahresproduktion zu bauen [32].

DANA hat mit dem VariGlide ein mechanisches CVT vorgestellt, das mit verstellbaren Planetenkugeln zwischen zwei Reibringen arbeitet (Zusammenarbeit mit Fallbrook Technologies, Serie angepeilt für 2018).

Auf der Hannover Messe 2014 stellte die niederländische Firma Elsto ihren Schlepper "Multi Tool Trac" als Studie vor. Er kann einige Zeit emissionsfrei rein elektrisch fahren. Vier gleich große Räder werden von je einem Elektromotor (22 kW nominal) bzw. 44 kW (maximal) angetrieben. Zusätzlich zur Batterie (bis 30 kWh) hat das Fahrzeug einen 140 kW-Dieselmotor mit Generator.

Im Forschungsverbund TEAM (Bundesförderung) wurde u. a. für einen 700er Fendt Traktor ein elektrischer Frontantrieb entwickelt [33]. Einem sehr hochdrehenden PMSM-Motor (bis 22.500/min) ist ein Dreigang-Planetenge triebe nachgeordnet - alles radnah im Achskopf. Frontladen (mit wesentlich höheren Drehmomenten) wurde bei der Studie nicht abgedeckt, hat allerdings in dieser Leistungsklasse nur mäßige Bedeutung.

In [26] wurde u. a. ein Wirkungsgradkennfeld für einen größeren, sehr guten E-Motor incl. Leistungselektronik gezeigt - beeindruckend gut. Energetisch verbesserte Asynchronmaschinen werden in einer neuen EG-Verordnung gefordert (siehe Jahrbuchbeitrag Gesamtentwicklung Traktoren). Kennfelder von 45°-Schrägachse-Axialkolbenmaschinen können allerdings vergleichsweise gut mithalten [34].

Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen

An Simulationswerkzeugen für Antriebe wird nach wie vor intensiv geforscht. In [35] wird eine Auslegungsmethodik für elektrische Antriebe am Beispiel eines Pkws diskutiert, in [36] werden Modelle zur Simulation des temperaturabhängigen Verlustverhaltens elektrischer Antriebskomponenten vorgestellt. [37] zeigt interessante Berechnungsergebnisse für die Verlustanteile und den Gesamtwirkungsgrad eines leistungsverzweigten ZF-Getriebes - auch mit Messwerten für den Wirkungsgrad.

Die elektromagnetische Schaltung des Doppelkupplungsgetriebes von John Deere wurde in [38] beschrieben - die relativ großen Magneten erzeugen Kräfte im kN-Bereich, benötigen für die Synchronisationsphase hohe Ströme um 60 A, verbrauchen aber im Vergleich zu hydrostatischen Aktoren beim Schalten nur für sehr kurze Zeit Energie.

Grundlagen zur Auslegung und Simulation von Schmiersystemen stufenloser Getriebe wurden in [39] vorgelegt. Der Beitrag [40] widmet sich dem grundlegenden Betriebsverhalten und der Optimierung von Karbon-Synchronringen. Wenn in Treibachsen der Platz (axial) knapp ist, kann die Verwendung eines Stirnrad-Differenzialgetriebes überlegt werden [41].

Zusammenfassung

Die Stufe IV der europäischen Abgasvorschriften wurde ab 2014 wirksam, ein Vorschlag zur Stufe V wurde vorgestellt. Im Zuge der Umsetzung der neuen Abgasvorschriften hat man die Motoren und die Abgasnachbehandlung auch bei Stufe IV weiter optimiert, so dass z. B. der AdBlue-Verbrauch reduziert werden konnte.

Gezeigte Getriebepläne betreffen ein von Carraro in Indien produziertes, gestuftes Fahrgetriebe, das neue Volllastschaltgetriebe e23 von John Deere und ein neues CVT von CNH. Hydrostatisch stufenlose Fahrtriebe wandern zunehmend auch in den unteren Leistungsbereich von Traktoren hinein. ZF wurde hier zu einem weltweiten Zulieferer. Auch bei Kommunalfahrzeugen und Baumaschinen nehmen hydrostatisch stufenlose Fahrtriebe zu - weitere Einführungen von Konzepten mit Leistungsverzweigung werden erwartet.

Elektrische Fahrtriebe bleiben im Forschungsstadium, auch Brennstoffzellen sind trotz der Ankündigungen von Toyota (für Pkw) bei Traktoren vorerst nicht zu erwarten. Interessante punktuelle elektrische Anwendungen gelten aber z. B. der Schaltung eines automatischen Stufengetriebes oder ausgewählten Hilfsaggregaten. Durch Forschungsarbeiten vorbereitete Simulationswerkzeuge setzen sich in der Antriebstechnik weiter durch - zur Beurteilung alternativer Konzepte sowie zur Verringerung der Energieverluste bestehender Antriebe.

Literatur

- [1] Wilmer, H.: Stufenlose 150 PS aus Korea. profi 26 (2014) H. 4, S. 34-35.
- [2] --: Abstimmungen mit der ZF, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, Stand Januar 2015.
- [3] Renius, K.Th.: Globale Getriebekonzepte für Traktoren (zweisprachig/bilingual deutsch-englisch). ATZoffhighway 6 (2014) H. 2, S. 16-26 u. 28-29.
- [4] Akbarian, T.: System integration and presentation of optimised drive solutions with diesel engines in the Tier 4 emission level. 9. International Fluid Power Conf. 24.-26.03.2014 Aachen. Proceed. Vol. III, S. 50-61.
- [5] Renius, K.Th. und Geimer, M.: Motoren und Getriebe bei Traktoren.
In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013 Braunschweig: Inst. f. mobile Maschinen u. Nutzfahrz. 2013 S. 1-12. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00000046>.
- [6] Ellensohn, R.: Einer für alle - Liebherr Verbrennungsmotoren mit eigener Abgasnachbehandlung. Mobile Maschinen 7 (2014) H. 2, S. 13-15.
- [7] Hein, E.; Palmer, G. und Lang, A.: Kompakte SCR-Mischsysteme für Heavy-Duty-Applikationen. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 6-15.
- [8] Rosefort, Y. et al.: Kostenoptimierte Abgasnachbehandlung für Offroad-Motoren. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 22-30.
- [9] Schmidt, J. et al.: Modulare Abgasnachbehandlung. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 34-40.
- [10] Renius, K.Th. und Dreher, T.: Klassenunterschiede. Traktor-Dieselmotoren: Die weltweite Vielfalt und deren Strukturierung in fünf Technologiestufen. Mobile Maschinen 2 (2009) H. 4, S. 30-33.
- [11] Wolf, A.: Stahl überholt Aluminium. lastauto omnibus 91 (2014) H. 10, S. 38-41
- [12] Thuneke, K.; Ettl, J.; Emberger, P.: Vegetable oil compatible tractors for environmental benefits and regional development. Intern. Conf. AgEng Zürich 6.-10.07. 2014, Paper C 0421. http://www.geyseco.es/ageng2014/eposter/?seccion=index_posters&tipo=oral.
- [13] Düsseldorf, Ch.; Pickel, P.: Herausforderungen und Lösungsansätze zur Verwendung von Kraftstoffen biogenen Ursprungs in Dieselmotoren der Abgasstufe IV. Tagung Land.Technik 2014 Berlin 19. u. 20. Nov. 2014. In: VDI-Ber. 2226, S. 475-479. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [14] Landis, M.: Results of long-time tractor emission and fuel measurements. Intern. Conf. AgEng Zürich 6.-10.07. 2014, Paper C 0461. http://www.geyseco.es/ageng2014/eposter/?seccion=index_posters&tipo=oral.
- [15] Broda, A., von Allwörden, K. und Töpfer, T.: Potential von Methan-basierten Kraftstoffen zum Betrieb von Traktoren und mobilen Arbeitsmaschinen. Tagung Land.Technik 2014 Berlin 19. u. 20. Nov. 2014. In: VDI-Ber. 2226, S. 481-4498. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [16] Geimer, M. und Ays, I.: Nachhaltige Energiekonzepte für mobile Arbeitsmaschinen - in welche Richtung gehen Sie? Mobile Maschinen 7 (2014) H. 6, S. 18-25.

- [17] Thiebes, Ph., Rüdener, A. und Schmist, S.: Nachhaltige Energieversorgung mobiler Arbeitsmaschinen. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 78-87.
- [18] Scherer, Ph. und Geimer, M.: Verbundprojekt TEAM - Ermittlung der Energieeffizienz. Mobile Maschinen 6 (2013) H. 6, S. 10-13.
- [19] Ehenhan, K. et al.: Verbundprojeket TEAM - Wie viel Energie kann Berge versetzen? Mobile Maschinen 6 (2014) H. 1, S. 10-13.
- [20] Schönfeld, S. und Günther, M.: Verbundprojekt TEAM: Mehr Motor mit weniger Diesel? Mobile Maschinen 7 (2014) H. 3, S. 10-13.
- [21] Schröter, J. und Jacobs, G.: Verbundprojekt TEAM: High-Speed-E-Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen. Mobile Maschinen 6 (2014) H. 5, S. 14-17.
- [22] Renius, K.Th.: Die neueren Getriebeentwicklungen bei Ackerschleppern. Teil 1: Stufengetriebe. VDI-Z. 115 (1973) H. 11, S. 930-936.
- [23] Renius, K.Th.: Festlegung der Getriebeabstufung von Ackerschleppern nach Fahrgeschwindigkeitskollektiven. Grundl. Landt. 30 (1980) H.1, S.7-15.
<http://440ejournals.uni-hohenheim.de/index.php/Grundlagen>.
- [24] Johnson, D.: New transmissions for the John Deere 7R and 8R series tractors. Tagung Land.technik 2013 Hannover 8. und 9.11.2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 117-121. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [25] Geimer, M.; Renius, K.Th: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik Band 22 (2010), S. 60-67. Frankfurt/M.: DLG-Verlag.
- [26] Sedoni, E. und Morselli, R.: New technologies to increase the efficiency by innovative transmission concepts. VDI GetriebeTagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 867-880. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [27] Heidrich, L; Giessner, K.H. und Wirmel, M.: Der neue UNIMOG in Euro 6: Herausforderungen und Innovationen. Tagung Land.Technik 2014 Berlin 19. u. 20. Nov. 2014. In: VDI-Ber. 2226, S. 13-19. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [28] Schrempp, R.; Schmid, F. und Peters, H.: Safety Requirements for the control of a power-split transmission. Tagung Land.Technik 2013 Hannover 8. u. 9. Nov. 2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 105-110. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [29] Möller, D.; Müller, M.; Panizzolo, F.: Power-split transmission HVT and its impact and potential for drive train and implement optimization. VDI GetriebeTagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 857-864. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [30] Christ, C. und Craner, K.: A new hydraulic-mechanical power split transmission for working machines with high requirements on reversing. VDI GetriebeTagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 837-845. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [31] Ivantysynova, M. und Sprengel, M.: Investigation and Energetic Analysis of a Novel Blended Hydraulic Hybrid Power Split Transmission. 9. International Fluid Power Conf. Aachen 24.-26.03.2014. Proceed. Vol. I, S. 140-151.
- [32] Kasukiko Hirose: 2015 wollen wir konkurrenzfähig zu heutigen Antrieben sein. Interview (J. Winterhagen). VDI nachrichten 68 (2014) Nr. 26 vom 27.06.2014, S. 14.

- [33] Schröter, J. et al.: Development of High Speed Electric Drives for Mobile Machinery - Challenges and Potential Solutions. 9. International Fluid Power Conf. Aachen 24.-26.03.2014. Proceed. Vol. III, S. 416-427.
- [34] Matthies, H.J. und Renius K.Th.: Einführung in die Ölhydraulik. 8. Auflage. Wiesbaden: Verlag Springer Vieweg 2014.
- [35] Albers, A. et al.: Einsatz von Simulationswerkzeugen im Entwicklungsprozess elektrifizierter Antriebssysteme, SIMPEP, 4. Kongress zu Einsatz und Validierung von Simulationmethoden für die Antriebstechnik, 17. u. 18.09.2014, Koblenz-Lahnstein. In: Tagungsband II, S. 103-115.
- [36] Pohlandt, C.: Effizienzsteigerung mobiler Arbeitsmaschinen durch Modellbildung elektrisch hybrider Antriebsstrangtopologien (FVA 675), FVA-Jahrestagung, 2. u. 3.10.2014, Würzburg.
- [37] Ziegler, J.; Bailly, G. und Pohlenz, J.: Rechnerische Verlustleistungsanalyse von stufenlosen Getriebesystemen am Beispiel des ZF Terramatic11. Tagung LAND.TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 423-431. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [38] Eisenhardt, C. und Baumann, J.: Elektromagnetische Schaltung eines Doppelkuppelungsgetriebes. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 913-923. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [39] Marani, P. et al.: Methods of Computational Fluid Dynamics for a CVT Transmission Lubrication System of Agricultural Tractor. 9. International Fluid Power Conf. Aachen 24.-26.03.2014. Proceed. Vol. III, S. 296-307.
- [40] Acuner, R. et al.: Influence of Cone-Angle-Difference on Performance of Synchronizers with Carbon Friction Linings. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 595-610. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [41] Biermann, T.: Schaeffler Heavy Duty Differential with AWD-disconnect. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. in: VDI-Berichte 2218, S. 317-336. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 21.01.2015

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Renius, Karl Theodor; Geimer, Marcus; Stirnimann, Roger: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014, Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015, S. 1-11

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055049>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/182.html>