

Motoren und Getriebe bei Traktoren

Roger Stirnimann, Karl Theodor Renius, Marcus Geimer

Kurzfassung

Nach der breiten Einführung von Traktoren in Abgasstufe-V-Konfiguration (EU) gibt es bei Dieselmotoren derzeit eine Konsolidierungsphase. Die Motorenhersteller arbeiten dafür intensiv an Plattformen für alternative Kraftstoffe wie Methan, HVO oder Wasserstoff. Der Traktor New Holland T6.180 mit Gasmotor und CNG-Behältern steht mittlerweile im Praxiseinsatz und es gibt erste unabhängige Testergebnisse. Bei elektrisch leistungsverzweigten CVTs führte John Deere sein neues Getriebe in der Baureihe 8R ein, ZF zeigte zu dieser Entwicklungsrichtung eine erste Prototypversion (Getriebeplan). Kessler entwickelte für große mobile Maschinen ein eigenes leistungsverzweigtes CVT, das als erstes im Holmer Terra Variant eingesetzt worden ist (Getriebeplan). An der Elektrifizierung von Traktortriebssträngen wird intensiv geforscht, Serientraktoren mit rein elektrischen Fahrtrieben gibt es aber weiterhin kaum.

Schlüsselwörter

Dieselmotor, alternative Kraftstoffe, leistungsverzweigte Stufenlosgetriebe, Elektrifizierung

Tractor Engines and Transmissions

Roger Stirnimann, Karl Theodor Renius, Marcus Geimer

Abstract

After the widespread introduction of tractors in EU stage V configuration, there is currently a consolidation phase for diesel engines. However, engine manufacturers are working intensively on platforms for alternative fuels such as methane, HVO or hydrogen. The New Holland T6.180 tractor with a gas engine and CNG tanks is now in practical use and there are independent test results available. In the case of electrically power split CVTs, John Deere introduced its new transmission in the 8R series, and ZF showed a first prototype version for this development direction (transmission map). Kessler developed its own power split CVT for large mobile machines, which was first used in the Holmer Terra Variant (transmission map). Intensive research is being conducted into the electrification of tractor drivelines, but there are still hardly any series tractors with purely electric traction drives.

Keywords

Diesel engine, alternative fuels, power-split continuously variable transmissions, electrification

Verbrennungsmotoren

Der in den zwei letzten Berichtsjahren aufgezeigte Stand bei Dieselmotoren mit den dazugehörigen Abgastechnologien gilt weiterhin [1; 2]. Nach der breiten Einführung von Traktoren mit Motoren, die der EU-Abgasstufe V entsprechen, befinden sich die Hersteller aktuell in einer Konsolidierungsphase, insbesondere ab 56 kW Maximalleistung mit anhaltender Tendenz zur Integration.

Mit der Firma Kohler konnte sich bei Traktor-Dieselmotoren in den letzten Jahren ein neuer Player etablieren. Zur Anwendung kommen die 3- und 4-Zylinder-Aggregate mit 1,9 resp. 2,5 l Hubraum und Maximalleistungen bis 42 resp. 55 kW u.a. in den McCormick-Baureihen X2 und X4. 55 kW ist auch bei anderen Herstellern eine bevorzugte Maximalleistung, um den in diesem Leistungsbereich bei 56 kW liegenden NO_x-Vorschriftensprung zu vermeiden. Der 4-Zylinder-Motor mit 3,4 l Hubraum wird beispielsweise im neuen Hanggeräteträger Sauerburger Grip 4.140 verbaut (Maximalleistung 105 kW).

In [3] wurde das Angebot an Traktoren mit zweistufiger Turboaufladung analysiert, **Tabelle 1**. Die maximalen Ladedrücke sind trotz serieller Schaltung in den meisten Fällen nicht höher als bei einstufigen Systemen mit Wastegate oder variabler Turbinengeometrie. Es geht hier vielmehr um eine bessere Dynamik und Drehmomentfülle im unteren Drehzahlbereich. Bei schweren Nutzfahrzeugen konnte demgegenüber in den letzten Jahren eine Abkehr von zweistufigen Aufladesystemen beobachtet werden. Gründe hierfür sind vermutlich die verringerten Abgasrückführaten oder gar der komplette Verzicht auf die AGR sowie die Verminderung der technischen Gesamtkomplexität.

Tabelle 1: Übersicht über Motoren mit 2-stufigen Turbolader-Systemen in aktuellen Traktorbaureihen
Table 1: Overview of engines with 2-stage turbocharger systems in current tractor series

Hersteller	Anz. Zyl.	Hubraum [l]	AGR	2-stufiges Turboladersystem	LLK	ZK	Aktuelle Traktor-Einbaubeispiele
AGCO Power	6	8.4	ja	2 fixe Lader, Waste-Gate	ja	ja	MF 8740S
	7	9.8	ja		ja	ja	Fendt 943 Vario MT
Deutz	6	6.1	ja	2 fixe Lader, Waste-Gate	ja	ja	Fendt 828
	6	7.8	ja		ja	ja	Deutz-Fahr 9340
DPS (John Deere)	4	4.5	ja	1 VTG-Lader, 1 fixer Lader*	ja	nein	John Deere 6145M
	4	4.5	ja	2 fixe Lader, Waste-Gate*	ja	nein	John Deere 6R150
	6	6.8	ja	1 VTG-Lader, 1 fixer Lader*	ja	nein	John Deere 6R250
	6	9.0	ja	1 VTG-Lader, 1 fixer Lader*	ja	nein	John Deere 8R410
	6	13.6	ja	2 fixe Lader, Waste-Gate*	ja	nein	John Deere 9R640

* Prospektangaben; AGR: Abgasrückführung; LLK: Ladeluftkühlung; ZK: Zwischenkühlung (zwischen Ladern)
 Tabelle: D. Tanner / R. Stirnimann (HAFL)

Auffallend im Berichtsjahr waren die Vorstellungen von Verbrennungsmotoren für alternative Kraftstoffe. Cummins kündigte mit dem 6-Zylinder-Aggregat "Fuel-Agnostic X15" (14,9 l Hubraum) als erster Hersteller eine Motorenplattform für mehrere alternative Kraftstoffe (Methan,

Wasserstoff und HVO) an [4]. Basis ist ein einheitlicher Grundmotor, oberhalb der Zylinderkopfdichtung kommen an die Kraftstoffe angepasste Komponenten zum Einsatz, **Bild 1**.



Bild 1: "Fuel-Agnostic"-Plattform für Methan, Wasserstoff und HVO von Cummins [4]

Fig. 1: "Fuel agnostic" platform for methane, hydrogen and HVO from Cummins [4]

Einen ähnlichen Weg geht FPT mit dem im September 2022 auf der IAA Transportation als "multi-fuel single base engine" vorgestellten XC13 (6 Zylinder, 12,9 l Hubraum). Mit dem neuen Cursor-X-Konzept soll ebenfalls ein Baukasten, bestehend aus einem Basismotor und verschiedenen Zylinderkopfmodulen für Diesel, Methan, Wasserstoff und weitere erneuerbare Kraftstoffe dargestellt werden. Die Diesel-Version verfügt gemäß FPT bereits über die technischen Voraussetzungen für EURO-VII (Straßenfahrzeuge). Für die Methan-Version verspricht der Hersteller dreimal höhere Motorschleppmomente im Vergleich zum aktuellen Cursor-Pendant [5], günstig für Dauerbremsungen. Nach dem Otto-Prinzip arbeitende Gasmotoren weisen aufgrund des geringeren Verdichtungsverhältnisses üblicherweise wesentlich tiefere Motorschleppmomente auf als vergleichbare Dieselmotoren. Es ist davon auszugehen, dass das Cursor-X-Konzept in Zukunft auch bei Nonroad-Fahrzeugen Einzug halten wird.

AGCO Power hat mit der CORE-Baureihe ebenfalls eine neue Motorenplattform angekündigt. Erster Vertreter ist der CORE75 (6 Zylinder, 7,5 l Hubraum), der in der neuen Traktorbaureihe Fendt 700 Gen7 zur Anwendung kommt und bereits mit HVO betrieben werden kann. Auch diese Motorenplattform soll in Zukunft so weiterentwickelt werden können, dass sich weitere alternative Kraftstoffe wie Wasserstoff, Ethanol, Methanol oder aufbereitetes Biogas verwenden lassen, je nach Markbedürfnissen [6].

Neben den genannten Herstellern arbeiten auch Deutz, JCB, Kohler und Liebherr an Wasserstoff-Verbrennungsmotoren. Rolls Royce hat die Motoren der mtu-Baureihen 1000, 1100, 1300 und 1500 für die Verwendung von paraffinischen Diesel-Kraftstoffen (HVO) und E-Diesel (Power-to-Liquid) nach der Norm EN15940 freigegeben [7]. Eine Übersicht über "Re-Fuels" (Wasserstoff, E-Fuels, Advanced Biofuels) gab es in [8].

Nach dem Serienanlauf Ende 2021 steht das Traktormodell New Holland T6.180 Methane Power nun im Praxiseinsatz. Messungen der DLG zeigen interessante Drehmoment- und Leistungscharakteristiken, **Bild 2**. Besonders auffällig sind die hohen Anfahrtdrehmomente. Groß sind auch die Drehmomentanstiege bei Motordrückung (obwohl die Messung an der Zapfwelle bekanntlich etwas höhere Anstiege vorspiegelt, als wenn direkt am Motor gemessen würde), woraus deutliche Überleistungen resultieren [9]. Die Maximalwerte des T6.180 mit Dieselmotor werden aber nicht ganz erreicht (603/699 Nm resp. 107/120 kW, jeweils ohne/mit Boost [10]). Interessant ist auch die um 100 min^{-1} höhere Nenndrehzahl im Boost-Modus (2.200 anstelle von 2.100 min^{-1}). Die absoluten und spezifischen Methanverbräuche (in kg/h resp. g/kWh) liegen auf ähnlichen Niveaus wie die Dieserverbräuche beim T6.180 in Standardausführung. Ad-Blue entfällt jedoch bei dem nach dem Otto-Prinzip arbeitenden Gasmotor, weil dieser lediglich einen 3-Wege-Katalysator benötigt.

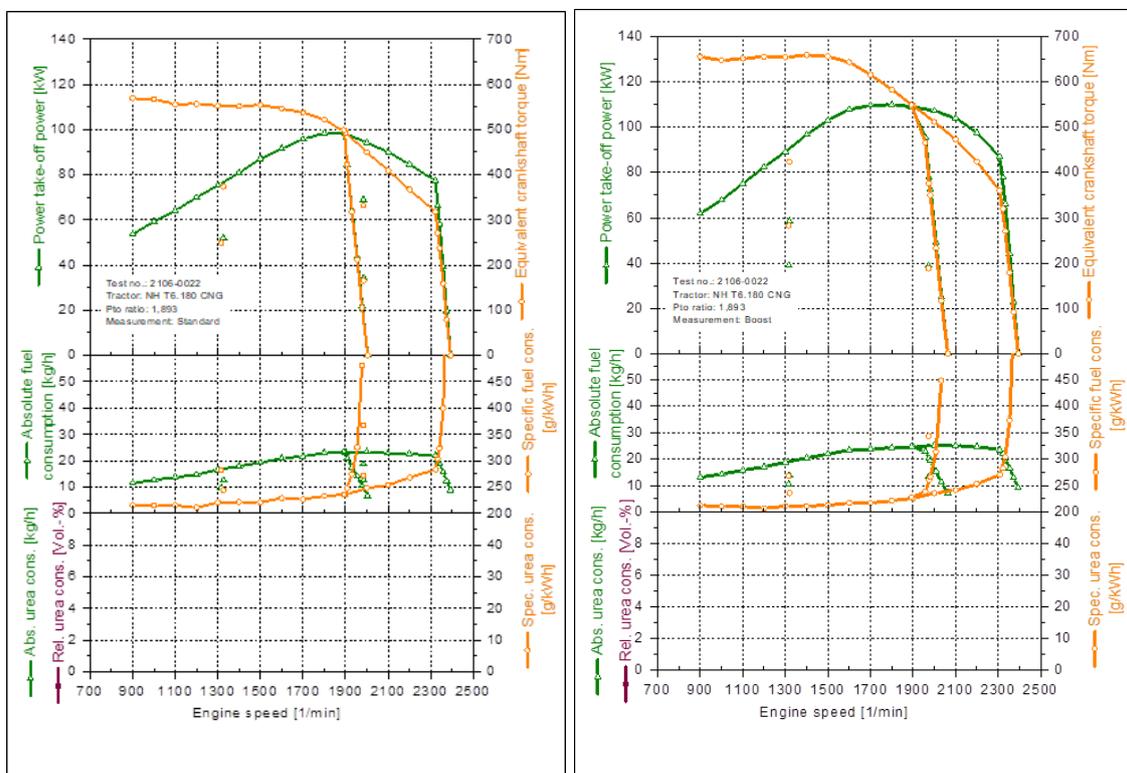


Bild 2: Motordiagramme des Traktors New Holland T6.180 Methane Power; links ohne Boost, rechts mit Boost (Zapfwellenmessungen DLG/OECD [9])

Figure 2: Engine diagrams of the New Holland T6.180 Methane Power tractor; left without boost, right with boost (PTO measurements DLG/OECD [9])

Im Dezember 2022 stellte New Holland einen Prototyp des größeren Modells T7.270 mit Gasmotor und vakuumisolierten LNG-Tanks anstelle der CNG-Druckbehälter beim T6.180 vor. Die Einsatzzeit mit einer Tankfüllung soll damit mehr als verdoppelt werden können, auch ohne Zusatztanks in der Traktorfront [11].

Zur Verwendung von aufbereitetem, verdichtetem Biogas (bioCNG) wird in [12] die Umrüstung eines Traktors (CLAAS 62 kW von 2007, Motor J. Deere) aus einer Zusammenarbeit von ATB, LVAT (beide Potsdam) und der Beratungsfirma CRMT beschrieben, Einsatz auf einem Tierhaltungsbetrieb. Am Traktor wurden vier Hochdrucktanks (200 bar, 27 kg Gas) seitlich zwischen den Rädern angebaut. Kern der Arbeit sind die Aktionen und Erfahrungen beim Umbau sowie erste (positive) Laufergebnisse.

In [13; 14] wurde eine Methode zur Messung von Emissionen auf einem Prüfstand vorgestellt, die auf realen Lastprofilen basiert. Im praktischen Einsatz wurde während 8,5 Stunden gemessen und die dabei ermittelten Werte von Stickoxid (NO_x), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Abgasmassenstrom (Q_m) mit einer Messung von 0,55 Stunden auf dem Prüfstand verglichen. Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung, so dass die Methode als valide bewertet wird.

Zur Erfüllung der WHO-Forderungen, die Stickstoffdioxid-Emissionen (NO_2) im Vergleich zu EU-Stufe V um den Faktor 4 auf $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu reduzieren [15], werden in [16] Abgasnachbehandlungskonzepte für Dieselmotoren diskutiert. Durch den Einsatz von zusätzlichen, motor-nahen DOC- und SCR-Systemen konnten die NO_x -Emissionen im Vergleich zur EU-Stufe V um den Faktor 3 reduziert werden.

Eine Entscheidung der Europäischen Union zur Reduktion der CO_2 -Emissionen könnte das Aus für herkömmliche Verbrennungsmotoren in PKW und leichten Nutzfahrzeugen ab 2035 bedeuten. Ob Nonroad-Fahrzeuge auch betroffen sein werden, ist noch nicht absehbar. Bei schweren Nutzfahrzeugen werden Forschungsarbeiten an Wasserstoff-Verbrennungsmotoren intensiviert [17], batterieelektrische Lkw erfahren ebenfalls ein gesteigertes Interesse [18].

Gestufte Getriebe / Zapfwellen / Allradantrieb

Erwähnenswerte neu entwickelte Stufengetriebe wurden im Berichtszeitraum nicht bekannt. In [19] gab es einen Übersichtsbeitrag über das aktuelle Marktangebot an Lastschaltgetrieben, in [20] einen über den aktuellen Stand der Allradantriebstechnik.

Leistungsverzweigte Stufenlosgetriebe

Claas kündigte für die Xerion-Systemtraktoren mit Modelljahr 2023 das neue Eccom-Getriebe 5.5 von ZF an, mit welchem die bisherigen Eccom 4.5/5.0 abgelöst werden. Damit entfällt die Option Längsdifferenzialgetriebe. Die eingangsgekoppelte, ZF-typische Grundstruktur mit vier mechanischen Fahrbereichen bleibt gleich [21].

Im Oktober 2022 vermeldete Claas die Produktion des 10.000sten EQ-Getriebes [22]. Die stufenlose EQ-Baureihe wird seit 2015 in Paderborn gebaut und umfasst aktuell die Modelle EQ200, EQ220 und EQ260. Letzteres weist die gleiche Grundstruktur auf wie das EQ220 [23], arbeitet aber mit einer größeren Pumpe (Pumpe/Motor max. $233/233 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung anstelle von $160/233 \text{ cm}^3$). Gleichzeitig informierte Claas über eine strategische Vereinbarung mit der SDF-Gruppe, die eine Implementierung der EQ-Stufenlosgetriebe in den Antriebsstrang von Deutz-Fahr-Traktoren in den höheren Leistungsklassen (derzeit Serien 6, 7 und 8 TTV) einschließlich Abstimmung von Motor-Getriebe-Management-Systemen beinhaltet.

CNH baut bei den neuen Traktormodellen Case IH Puma 260 CVX, New Holland T7.300 AutoCommand und Steyr 6280 Absolut CVT die neue 125/90er-Hydroeinheit von Bosch-Rexroth in die leistungsverzweigte Struktur der eigenen Stufenlosgetriebe ein (neue Normgröße der bekannten A41CTZ in Schrägscheiben/Schrägachsen-Bauweise).

Die Firma KESSLER, vor allem bekannt für Antriebsachsen schwerer Nutzfahrzeuge, hat ihr Produktangebot um einen großen, leistungsverzweigten Fahrtrieb erweitert. **Bild 3** zeigt die von KESSLER entwickelte Struktur (erstellt nach Herstellerangaben mit Original-Kupplungsbezeichnungen). Der erste Fahrbereich arbeitet rein hydrostatisch, einschließlich Reversierung (Kupplung K3). Es schließen sich zwei primär gekoppelte, leistungsverzweigte Bereiche an (über K1 und K2) mit Summierung durch ein Standard-Planetengetriebe, Abtrieb am Steg. Die Umschaltung von K3 auf K1 erfolgt im Synchronpunkt, die Lastschaltung K1-K2 wird durch eine schnelle Übersetzungsanpassung der Hydrostatik unterstützt (Dieselmotor unverändert). Zusätzlich steht ein leistungsverzweigter Rückwärtsfahrbereich zur Verfügung. Beide Hydroeinheiten (Bosch Rexroth) sind verstellbar, die Schrägachse-Einheit in einer Richtung. Das für Rahmenbauweise konzipierte Getriebe wird seit 2018 beim Holmer „Terra Variant“ kommerziell eingesetzt, seit 2020 auch in Flugfeldlöschfahrzeugen.

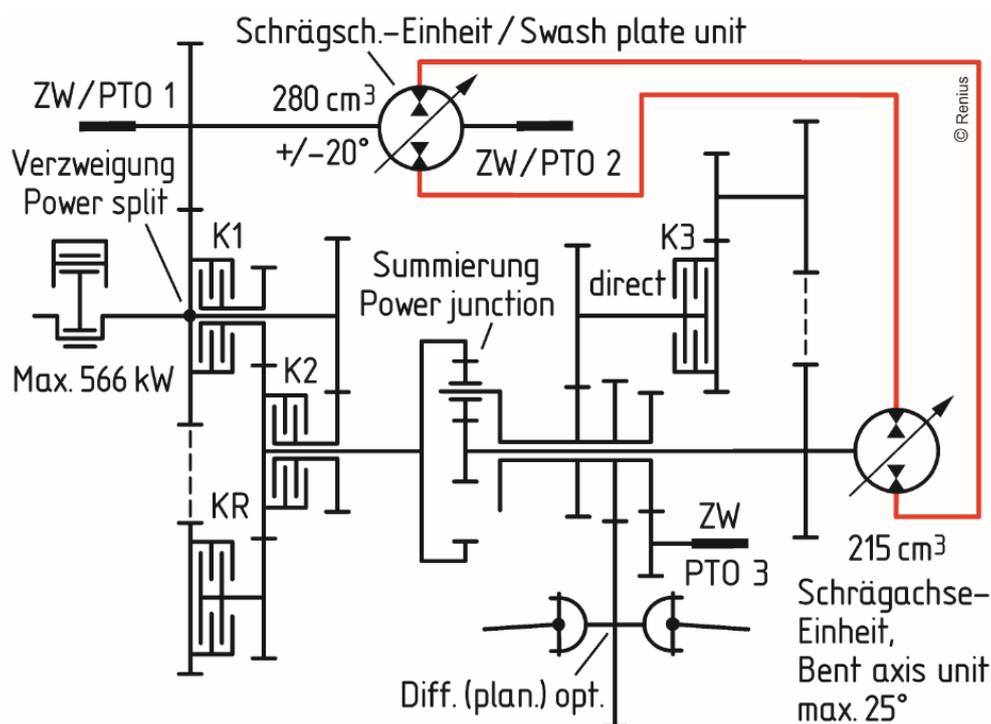


Bild 3: Leistungsverzweigtes stufenloses Fahrgetriebe mit Primär-Kopplung, Bauart LV 3000 von KESSLER für große mobile Maschinen bis 566 kW (Konzept war bisher vertraulich)

Figure 3: Input coupled power split CVT, type LV 3000 of KESSLER for ground drives of large mobile machines up to 566 kW (Structure was confidential until now)

ZF hat mit der angekündigten Entwicklung eines mechanisch-elektrisch leistungsverzweigten Fahrgetriebes begonnen. Dabei wählte man in einem ersten Schritt keine völlig neue Struktur,

sondern ersetzt die hydrostatischen Komponenten des bekannten Konzepts [24] durch elektrische, **Bild 4**. Die Herstellkosten sind nach Aussage von ZF grundsätzlich etwas höher als bei der hydrostatischen Variante, die Elektrik ermöglicht aber zusätzliche Vorteile – insbesondere den Zugriff auf den DC-Zwischenkreis, eine größere Spreizung des stufenlosen Zweigs und eine verbesserte Effizienz. Die E-Einheiten benötigen trotz Drehzahlanhebung mehr Bau- raum [25].

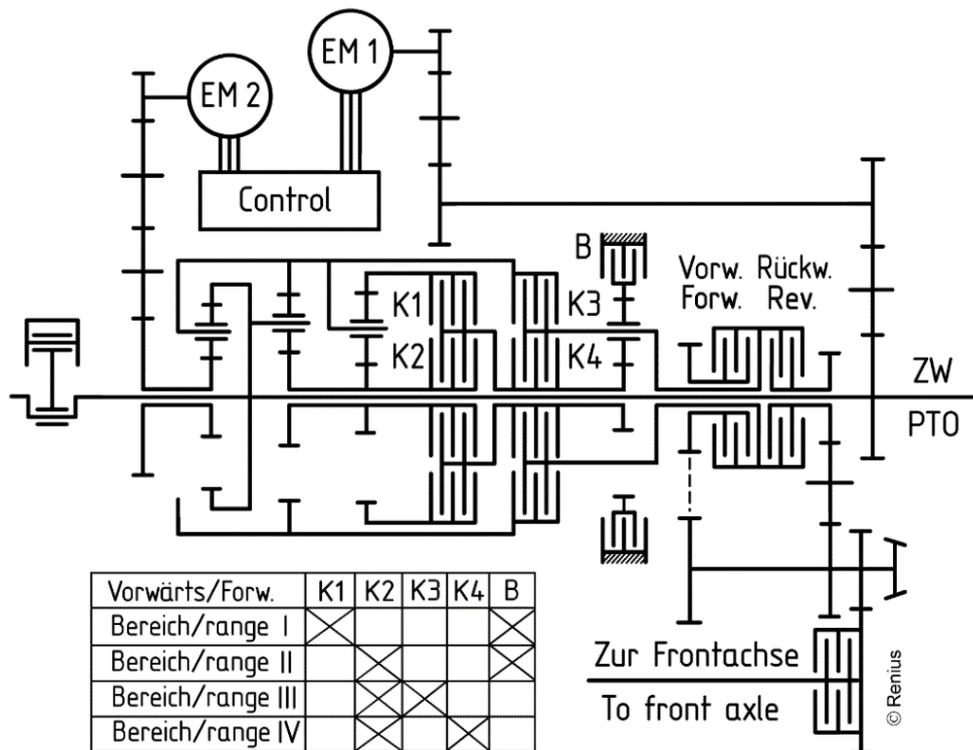


Bild 4: Leistungsverzweigtes CVT mit elektrischen Einheiten (EM1 und EM2), Prototyp von ZF. „Control“ enthält den DC-Zwischenkreis und die Inverter

Figure 4: Power split CVT with electric units (EM1 und EM2), prototype of ZF. „Control“ contains the DC power bus and the inverter

Mit der neuen Baureihe 700 Gen7 bietet Fendt das VarioDrive-Konzept mit permanentem Allradantrieb bis 25 km/h jetzt auch in der oberen 6-Zylinder-Mittelklasse an. Die Grundstruktur ist gleich wie bei den Großtraktoren-Baureihen 900 und 1000, anstelle der 370er-Hydroeinheiten kommen hier aber kleinere 160er-Einheiten zur Anwendung (eine Pumpe, zwei Motoren).

Sauerburger verwendet beim neuen Hanggeräteträger-Modell Grip 4.140 das leistungsver- zweigte Stufenlosgetriebe HVT1 von DANA Spicer, das ursprünglich für Teleskoplader ent- wickelt wurde. Mit der eingangsgekoppelten Grundstruktur werden zwei Fahrbereiche vorwärts (Umschaltung im Synchronpunkt) und ein Fahrbereich rückwärts dargestellt. Im variablen Zweig kommt die Hydroeinheit A41CTU 110/90 von Bosch Rexroth zur Anwendung.

John Deere lieferte im Berichtsjahr die ersten 8R410-Traktoren mit dem elektrisch-mechanisch leistungsverzweigten eAutoPowr-Getriebe aus (Getriebeplan und Beschreibung in [2]).

Elektrische Antriebstechnik

Zur Einführung elektrischer Antriebe bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen der Feldwirtschaft (einschließlich Roboter) enthält [26] eine globale Übersicht zu Entwicklungen und Trends in Richtung „Agriculture 5.0“.

In einer schwedischen Studie wird der Einsatz von zwei 50-kW-Elektrotraktoren (je 100 kWh) mit dem eines 250 kW Dieseltraktors theoretisch verglichen [27]. Die für einen 200 ha Getreidebaubetrieb (mit Pflugeinsatz) erzielten Ergebnisse (Modellrechnung mit Abschreibung) ergaben für 59% „grünen“ Strom „life cycle“-Einsparungen von 65% CO₂ Äquivalent bei sogar verbesserter Wirtschaftlichkeit. Relativ große Kostensenkungen werden in beiden Fällen für einen autonomen Betrieb gesehen.

Einen Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug gibt es in [28]. Die Studie enthält viele gut verständliche Grundlagen zu den beiden Antriebssystemen mitsamt Nebenaggregaten, die im Zusammenhang mit Brennstoffzellen oft als "Balance of Plant" (BoP) bezeichnet werden. Auch über die Verwendung in anderen Fahrzeugarten, darunter landwirtschaftliche Traktoren, wird kurz diskutiert.

Brennstoffzellenbetriebene Fahrzeuge (englisch: Fuel Cell Electric Vehicles / FCEV) benötigen Pufferbatterien, einerseits wegen der zu geringen Dynamik der Brennstoffzelle, andererseits zum Rekuperieren von Bremsenergie. **Tabelle 2** enthält eine Auswahl an bekannten Prototyp- und Serienfahrzeugen mit Brennstoffzellen.

Tabelle 2: Übersicht über Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb

Table 2: Overview of Fuel-Cell driven Commercial Vehicles

Hersteller /company	BZ-Leistung /FC power	Energieinhalt Speicher /energy content storage	Batterie /battery	Leistung elektrische Antriebe /power of electric drives
Fendt HELIOS	100 kW @ 700 V	21 kg H ₂ 700 kWh	25 kWh	unbek. /unknown
New Holland NH ²	100 kW	8,2 kg H ₂ 273 kWh	12 kWh @ 300 V	2 x 100 kW
Amogy John Deere Traktor	100 kW	230 l NH ₃ 736 kWh	unbek. /unknown	unbek. /unknown
Mulag Comet 3FC	10 kW @ 80 V	3,2 kg H ₂ 107 kWh	unbek. /unknown	20 kW
Daimler GenH2 Truck	2 x 150 kW	2 x 40 kg H ₂ 2.666 kWh	70 kWh	2 x 230/330 kW (Dauer/Spitze /cont./peak power)
Hyundai XCIENT Fuel Cell	2 x 95 kW	32,09 kg H ₂ 1.070 kWh	73,2 kWh	350 kW
Nikola/Iveco Tre FCEV	480 kW	70 kg H ₂ 1.810 kWh	164 kWh	480 kW (Dauer/cont. power)

Der im Rahmen des Forschungsprojektes H2Agrar von Fendt entwickelte Prototyp-Traktor HELIOS (hydrogen-electric operated tractor system) wurde in [29] vorgestellt. Er arbeitet mit einer 100-kW-Brennstoffzelle und einer 25-kWh-Pufferbatterie. In fünf über dem Kabinendach montierten Hochdruckbehältern können insgesamt 21 kg Wasserstoff mitgeführt werden (700 bar). New Holland stellte bereits auf der SIMA 2009 eine Studie eines BZ-Traktors vor und entwickelte diese zum "NH²" weiter [30], das Projekt wird aber seit Jahren nicht mehr weiterverfolgt. Das US-Startup Amogy hat einen Traktor von John Deere auf BZ-Antrieb mit 100 kW Leistung umgerüstet [31]. Getankt wird bei diesem Demonstrationsfahrzeug nicht Wasserstoff (H₂), sondern Ammoniak (NH₃). Dieser liegt schon bei 1 bar Druck und einer Temperatur von -33° C oder bei 9 bar Druck und 20°C in flüssiger Form und somit höherer volumetrischer Energiedichte vor. Die Brennstoffzelle arbeitet aber wie üblich mit H₂, weshalb ein Reaktor zur Spaltung von NH₃ Teil des Konzepts ist.

Mulag hat einen kleinen Flughafen-Schlepper als Konzeptfahrzeug mit einer Brennstoffzellenleistung von 10 kW entwickelt [32; 33]. Daimler Truck schaltet beim GenH2 Truck (Prototyp) zwei Brennstoffzellen mit je 150 kW Leistung parallel und erprobt derzeit auch eine Variante mit Flüssigwasserstoff [34]. Serien-LKWs mit BZ-Antrieb werden von Hyundai bereits seit 2020 angeboten (XCIENT Fuel Cell) [35], Nikola/Iveco hat den Serienstart des Tre FCEV für Mitte 2023 angekündigt [36; 37].

Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen

In modernen Getriebeentwicklungsprozessen werden viele Arbeitsschritte mit Hilfe von Simulationswerkzeugen digitalisiert. Die verwendeten Programme sind dabei in der Regel nicht kompatibel, müssen aber mit den gleichen Daten, wie z.B. Zähnezah, Achsabstand usw. arbeiten. Manuelle Datenanpassungen bzw. -eingaben sind zeitaufwändig und fehleranfällig.

REXS 1.4 (aktuellste Version Ende 2021, Lizenz CC-BY-SA-4.0) ist ein frei zugängliches parametrisches Datenmodell, das allen beteiligten Tools ermöglicht, Modelldaten auszutauschen. „Es schafft eine allgemeine, umfassende und freie Beschreibung für Getriebestrukturen“ - so die Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA), unter deren Dach es gemeinsam von bekannten Forschungsinstituten und führenden Unternehmen der Antriebstechnik entwickelt worden ist [38]. Mit der standardisierten Datenschnittstelle REXS 1.4 wird ein wichtiger Meilenstein in Richtung Unabhängigkeit von herstellereigenen Datenformaten gesetzt.

Zusammenfassung

Nach der breiten Einführung von Traktoren in Abgasstufe-V-Konfiguration (EU) gibt es bei Dieselmotoren derzeit eine Konsolidierungsphase. Die Motorenhersteller arbeiten dafür intensiv an Plattformen für alternative Kraftstoffe wie Methan, HVO (hydriertes Pflanzenöl) oder Wasserstoff. Der Traktor New Holland T6.180 mit Gasmotor und CNG-Behältern steht mittlerweile im Praxiseinsatz und es gibt erste unabhängige Testergebnisse. Bei elektrisch leistungszweigigen CVTs führte John Deere sein neues Getriebe in der Baureihe 8R ein, ZF zeigte zu dieser Entwicklungsrichtung eine erste Prototypversion (Getriebeplan). Elektrik ist hier etwas

teurer als Hydraulik, bietet aber erweiterte Nebenfunktionen und nochmals bessere Wirkungsgrade. Kessler entwickelte für große mobile Maschinen ein eigenes leistungsverzweigtes CVT, das als erstes im Holmer Terra Variant eingesetzt worden ist (Getriebeplan). An der Elektrifizierung von Traktortriebssträngen wird intensiv geforscht, Serientraktoren mit rein elektrischen Fahrtrieben gibt es aber bisher nur in sehr kleinen Stückzahlen bei relativ geringen Nennleistungen.

Literatur

- [1] Stirnimann, R.; Renius, K. Th.; Geimer, M.: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2020. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2021. S. 1-13.
- [2] Geimer, M.; Stirnimann, R.; Renius, K. Th.: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2021. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2022. S. 1-13.
- [3] Tanner, D.: Zweistufige Turboaufladung bei Traktormotoren. Semesterarbeit, 2023, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- [4] N.N.: Cummins new fuel-agnostic X series platform brings low-to-zero carbon fuel capability to IAA.
URL: <https://www.cummins.com/news/releases/2022/09/21/cummins-new-fuel-agnostic-x-series-platform-brings-low-zero-carbon-fuel>, Zugriff am: 21.01.2023.
- [5] N.N.: From vision to reality - FPT Industrial reveals the direction of its energy transition strategy at IAA Transportation 2022.
URL: https://www.fptindustrial.com/-/media/FPT/PDF-Press-Release/IAA/FPT_Industrial_IAA_English.pdf?rev=768b11c515e946029e14fefb9f74b70f, Zugriff am: 21.01.2023.
- [6] N.N.: Radical step towards carbon neutral engines - AGCO Power releases a completely new engine family for off-road vehicles. URL: <https://www.agcopower.com/radical-step-towards-carbon-neutral-engines-agco-power-releases-a-completely-new-engine-family-for-off-road-vehicles/>, Zugriff am: 21.01.2023.
- [7] N.N.: Rolls-Royce gibt mtu-Motoren für Baumaschinen, Industrieanwendungen, Landwirtschaft und Bergbau für nachhaltige Kraftstoffe frei. Rolls-Royce Pressemitteilung 25.10.2022.
- [8] Thiesen, U. P.; Behr, I.: Statt Diesel können Re-Fuels in den Traktortank. Eilbote 70 (2022) H. 33, S. 8-9.
- [9] N.N.: Technical Report Nr. 2106-0022, New Holland T6.180 Methane, OECD STANDARD CODE 2 for the Official Testing of Agricultural Tractor Performance; DLG TestService GmbH (Hrsg.), 2022, nicht öffentlich zugänglich, Erhalt am 15.02.2023.

- [10] N.N.: Schlepperdatenblatt PowerMix - New Holland T6.180 Dynamic Command. Test Nr. 2018-00805, Prüfbericht 7004; DLG TestService GmbH (Hrsg.), 2022, URL: https://pruefberichte.dlg.org/filestorage/PowerMix_Datenblatt_NH_T6_180_Dynamic_Command_DE_V3.pdf, Zugriff am 15.02.2023.
- [11] N.N.: New Holland pioneers alternative fuel agriculture machinery at CNH Industrial Tech Day. New Holland Pressemitteilung 12.12.2022.
- [12] Massieux, M. et al.: Conversion of a diesel farm tractor to run on bioLNG. In: VDI-Bericht 2406, S. 253-258. Düsseldorf: VDI-Verlag 2022.
- [13] Ettl, J.; Emberger, P.; Thuneke, K.; Remmele, E.: Praxisnahe Traktor-Fahrzyklen zur Ermittlung von Realemissionen. ATZheavyduty 15 (2022) H. 1, S. 10-15.
- [14] Ettl, J.: Reales Abgasemissionsverhalten von Traktoren am Prüfstand und im Feldeinsatz. Dissertation 2021, Technische Universität München.
- [15] WHO: Air Quality Guidelines. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health), Zugriff am: 21.01.2023.
- [16] Ehrly, M.; Ghetti, S.; Kossioris, T.; Schaub, J.: Dieselmotoren mit nahezu null Emissionen als Lösung für die innerstädtische Arbeitsmaschine. ATZ heavyduty 15 (2022) H. 1, S. 40-46.
- [17] Marlok, H.; Trabold, C.; Puck, A.: Entwicklung von Komponenten für H2-Motoren. ATZ heavyduty 15 (2022) H. 2, S. 22-25.
- [18] Fuchs, A.: Ab 2030 wird in Deutschland der batterieelektrische Antrieb dominieren. ATZ heavyduty 15 (2022) H. 2, S. 18-21.
- [19] Stirnimann, R.: Auch Lastschaltgetriebe entwickeln sich weiter. Eilbote 70 (2022) H. 19, S. 10-14.
- [20] Stirnimann, R.: Besser alle Räder im Einsatz. Agrarheute, Sonderheft Traktoren 2023, S. 6-11.
- [21] N.N.: Claas XERION mit neuer Getriebegeneration und gesteigerter Hydraulikleistung. Claas Pressemitteilung 26.10.2022.
- [22] N.N.: Claas Industrietechnik baut 10'000stes EQ-2XX-Getriebe. Claas Pressemitteilung 26.10.2022.
- [23] Renius, K. Th.; Stirnimann, R.: Traktoren 2016/2017. ATZoffhighway 10 (2017) H. 4, S. 8-17
- [24] Renius, K. Th.: Fundamentals of Tractor Design. Cham/Schweiz: Springer 2019.
- [25] Himmelsbach, R.; Ziegler, J.; Nachbaur, E.: e-CVT for tractors - Experience report about potentials and challenges. In: VDI-Bericht 2402, S. 223-232. Düsseldorf: VDI-Verlag 2022.
- [26] Ghobadpour, A., Monsalve, G., Cardenas, A.; Mousazadeh, H: Off-Road Electric Vehicles and Autonomous Robots in Agricultural Sector: Trends, Challenges, and Opportunities. Vehicles 4 (2022) H. 3, S. 843-864.
-

- [27] Lagnelöv, O., Larsson, G., Larsolle, und Hansson, P.-A.: Electric Tractors - Sustainable and Profitable? In: VDI-Bericht 2406, S. 189-195. Düsseldorf: VDI-Verlag 2022.
- [28] e-mobil BW GmbH: Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und Brennstoffzelle im schweren Nutzfahrzeug - Eine technische und ökonomische Analyse zweier Antriebskonzepte (2022). URL: https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobilBW-Studie_H2-Systemvergleich.pdf, Zugriff am: 21.01.2023.
- [29] Breu, W.; Reuter, L.: HELIOS - A hydrogen-electric operated tractor system. In: VDI-Bericht 2402, S. 95-104. Düsseldorf: VDI-Verlag 2022.
- [30] Deter, A.: Energieunabhängiger Wasserstoff-Schlepper von New Holland, top agrar online vom 22.11.2011. URL: <https://www.topagrar.com/technik/news/technik-news-energieunabhaengiger-wasserstoff-schlepper-von-new-holland-9383780.html>, Zugriff am: 22.01.2023.
- [31] Pluta, W.: US-Startup Amogy stattet Traktor mit Brennstoffzelle aus. Online-Beitrag vom 02.06.2022. URL: <https://www.golem.de/news/nachhaltigkeit-us-startup-amogy-stattet-traktor-mit-brennstoffzelle-aus-2206-165817.html>, Zugriff am: 22.01.2023.
- [32] Brennstoffzellen-Schlepper Comet 3 FC. Dokument 0911_453. URL: http://www.hylift-europe.eu/public/Publications/comet3fc_dok0911_453.pdf, Zugriff am: 22.01.2023.
- [33] Görner, K.; Lindenberger, D. (Hrsg.): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wasser - Flexibilisierungsoptionen im Strom-Gas-Wärme-System, Abschlussbericht, Band II, 2018. URL: <http://strom-zu-gas-und-waerme.de/wp-content/uploads/2018/10/Virtuelles-Institut-SGW-Band-II-Pfadanalyse.pdf> Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme (2018) (strom-zu-gas-und-waerme.de), Zugriff am: 30.01.2023.
- [34] Mercedes-Benz Trucks gibt auf der IAA Transportation 2022 in Hannover einen Ausblick auf den wasserstoffbasierten GenH2 Truck. Pressemitteilung vom 18.09.2022. URL: <https://media.daimlertruck.com/marsMediaSite/de/instance/ko/GenH2-Truck.xhtml?oid=47469461>, Zugriff am: 29.01.2023.
- [35] XCIENT Fuel Cell. e-Borschüre der Fa. Hyundai. URL: <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell>, Zugriff am: 29.01.2023.
- [36] Nikola und Iveco nehmen Bestellungen für europäischen Nicola Tre BEV an. Online-Beitrag vom 21.09.2022. URL: <https://ecomento.de/2022/09/21/nikola-und-iveco-nehmen-bestellungen-fuer-europaeischen-nikola-tre-bev-an/>, Zugriff am: 29.01.2023.
- [37] Conrad, B.; Hartoff, T.: Brennstoffzellen-Lkw kommt als Beta-Version. auto motor sport, Beitrag vom 19.09.2022. URL: <https://www.auto-motor-und-sport.de/elektroauto/nikola-bosch-brennstoffzelle-lkw/>, Zugriff am: 29.01.2023
- [38] Pressemitteilung der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., Frankfurt/M., 2022.
-

Autorendaten

Dipl.-Ing. agr. FH, Dipl.-Ing. Wirtschaft FH, Executive MBA Roger Stirnimann ist Agrartechnik-Dozent an der Berner Fachhochschule.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl-Theodor Renius ist Professor im Ruhestand am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München.

Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer ist Institutsleiter des Institutsteils Mobile Arbeitsmaschinen am Karlsruher Institut für Technologie.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 10.02.2023

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Stirnimann, R.; Renius, K. Th.; Geimer, M.: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2022. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2023. S. 1-13

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202301130821-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2022/chapter/motor-getriebe.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.