

Elektrischer Traktor: Vision oder Zukunft?

Elektrische Antriebe werden zukünftig in mobilen Arbeitsmaschinen verwendet. Aufgrund ihrer guten Wirkungsgrade und der Möglichkeit der Einbindung in das gesamte Fahrzeugmanagement bieten Elektromotoren für die Anwendung in mobilen Arbeitsmaschinen eine Vielzahl positiver Eigenschaften. Herausragend dabei sind die kurzzeitige Überlast bis zum Vielfachen ihres Nenn Drehmomentes und die Verfügbarkeit des maximalen Drehmomentes schon bei niedrigen Drehzahlen. Dieser Beitrag befasst sich mit bisherigen und laufenden Entwicklungen auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung elektrischer Antriebe im Bereich mobiler Arbeitsmaschinen.

M.Sc. Wolfgang Aumer, Dipl.-Ing. Mirko Lindner und Dipl.-Ing. Mike Geißler sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl Agrarsystemtechnik (Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Herlitzius seit 1. 10. 2007; Prof. em. Dr.-Ing. habil. G. Bernhardt bis 30. 9. 2007), Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen der TU Dresden, 01062 Dresden; e-mail: aumer@ast.mw.tu-dresden.de

Schlüsselwörter

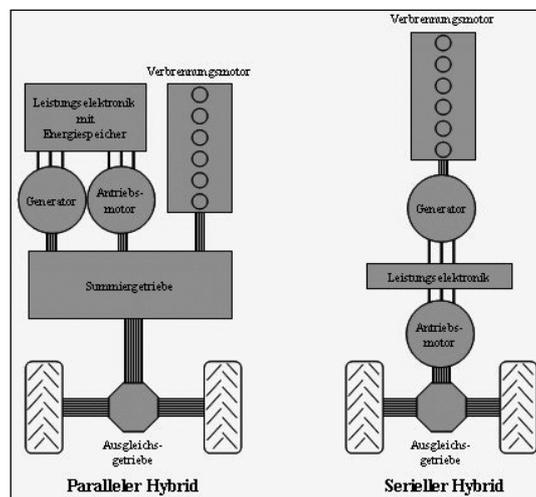
Elektrischer Antrieb, Antriebsstechnik, mobile Arbeitsmaschine, Traktor

Keywords

Electrical drives, power train, mobile machine, tractor

Bild 1: Schematische Darstellung von Hybridarten

Fig. 1: Schematic diagram of hybrid drives



Verbesserte Fahreigenschaften, die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und die verschärften Abgasnormen rücken Hybridantriebskonzepte und somit die elektrischen Antriebe zunehmend ins Blickfeld der Anwendung in mobilen Arbeitsmaschinen. Dies zeigte die Agritechnica 2007, die mit einer Vielzahl von Innovationen auf dem Gebiet der elektrischen Antriebe in der Landtechnik aufwartete. Nahezu alle namhaften Hersteller von Traktoren und selbstfahrenden Erntemaschinen sowie zahlreiche Forschungseinrichtungen erforschen und entwickeln neuartige Antriebskonzepte. Hauptsächlich werden bereits bestehende Antriebe mit elektrischen Komponenten ergänzt. Während parallele Hybridarten überwiegend in der Automobilindustrie eingesetzt werden, bietet sich für Traktoren der serielle Hybrid an. In Bild 1 sind die Hybridarten dargestellt.

Die Integration der elektrischen Maschinen und der Leistungselektronik im mechanischen Antriebsstrang kennzeichnet den Hybridisierungsgrad. Sie lassen sich in Soft-, Mild- und Full-Hybrid untergliedern [1]. Eine vollständige mechanische Entkopplung von Verbrennungsmotor und Antriebsrädern ist nur beim Full-Hybrid, wie bei dem hydrostatischen Antrieb, gegeben. Im Antriebsstrang werden aufwändige und verlustbehaftete Schalt- und Verteilergetriebe gespart. Jedoch finden zwei vollständige Energiewandlungen statt, die einen enormen elektrotechnischen Aufwand erfordern und kostenintensiv sind. Die einfachste Art der

Entkopplung stellt der Zentralantrieb dar. Ein Elektromotor treibt über ein Verteilergetriebe die Vorder- und Hinterachse an. Bei einem Achsantrieb besitzt jede Antriebsachse einen eigenen Elektromotor (Bild 2).

Elektrische Antriebe zeichnen sich aus durch:

- Kurzzeitige Überlast bis zum Vielfachen ihres Nennmomentes
- Hohe Drehmomente bei kleinen Drehzahlen
- Gute Steuer- und Regelbarkeit
- Sehr guter Wirkungsgrad

Historische Entwicklung zu elektrischen Antrieben

Im Jahre 1900 wurde auf der Pariser Weltausstellung das erste Automobil mit Elektroantrieb von Lohner-Porsche präsentiert. Ab 1961 baute das damalige sowjetische Traktorenwerk in Tscheljabinsk einen diesel-elektrischen Kettentraktor DET-250. Ein Dieselmotor mit einer Nennleistung von 220 kW treibt einen Generator an. Als Antrieb diente ein Gleichstrommotor.

In der Nutzfahrzeugindustrie wird seit 1999 der EvoBus von Mercedes-Benz eingesetzt. Dieser Niederflerbus ist als serieller Hybrid mit Radmotoren ausgestattet. Einen Hybrid-LKW plant Daimler Trucks dieses Jahr auf den Markt zu bringen. Das Sparpotenzial an Kraftstoff des als Parallelhybrid ausgeführten Nutzfahrzeuges wird mit 30 % beziffert, wobei erhöhte Anschaffungskosten nachteilig sind [2].

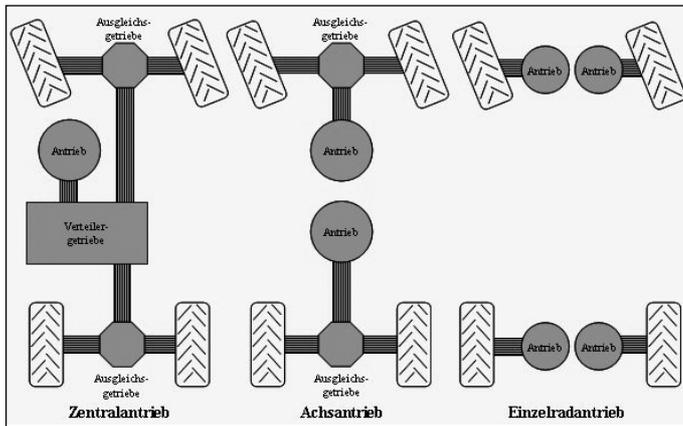


Bild 2: Schematische Anordnung von Fahrzeugantrieben

Fig. 2: Schematic configuration of vehicle power trains

Alternative Antriebskonzepte

An der TU Dresden wurden die Anforderungen an einen elektrischen Traktorantrieb untersucht [3, 4]. Beim stufenlosen Antrieb mit elektromechanischer Leistungsverzweigung können die Elektroantriebe kleiner dimensioniert werden. Bei kleinen Drehzahlstapen führt dies zu besseren Antriebsstrangwirkungsgraden gegenüber dem seriellen Hybrid [5]. Der elektrische Einzelradantrieb ermöglicht eine schlupfabhängige Verteilung der Drehmomente zwischen den Antriebsrädern [6]. Bei Kurvenfahrt ist die volle Zugkraftübertragung bei vermindertem Wenderadius gewährleistet. Der konstruktive Vorteil besteht darin, den verfügbaren Bauraum in der Radfelge des Traktors auszunutzen. Weitere Entwicklungen und Untersuchungen sind hinsichtlich der Leistungsdichte und der Drehmomentensteigerung von Elektroantrieben notwendig. Im Projekt „Mobil-elektrische Leistungs- und Antriebstechnik“ (MELA) finden Entwicklungen hierzu statt [7]. Um eine möglichst hohe Leistungsdichte der permanenten Synchronmaschine zu erhalten, wird Kälteschalterisoliertes Öl als Kühlmittel verwendet. Der Wechselrichter ist direkt am Motor befestigt und wird über den Motor-Kühlkreislauf gekühlt. Tabelle 1 gibt einen vergleichenden Überblick der Eigenschaften zwischen den elektrischen, mechanischen und hydraulischen Antriebsarten.

Laufende Entwicklungen zu elektrischen Nebenantrieben

Für einen experimentellen Vergleich zwischen hydraulischen und elektrischen Nebenantrieben wurde der Einzug und der Vortrieb eines Feldhäckslers mit Reluktanzma-

schinen ausgerüstet [8]. Im Ergebnis weist der elektrische Antriebsstrang eine 15 % bessere Bilanz auf. Als nachteilig ist das wesentlich höhere Leistungsgewicht der Elektromotoren im Gegensatz zu den hydraulischen Baugruppen aufzuführen.

Der erste Hybrid-Radlader wurde als Mild-Hybrid auf der Baumaschinenmesse 2007 präsentiert [9]. Ein 10 kW Kurbelwellen-Starter-Generator und eine Lithium-Ionen Batterie decken mit einem „Power Boost“ die Leistungsspitzen ab. Zusätzlich sorgen eine Start/Stopp-Automatik und die Rückspeisung der elektrisch umgewandelten kinetischen Bremsenergie für einen hohen Bedienerkomfort. Der Hersteller gibt eine Kraftstoffeinsparung von 10 bis 20 % an. Ebenfalls als Mild-Hybrid ausgeführt wurde der von John Deere entwickelte Traktor 7530 E Premium von der DLG bei der Agrartechnica 2007 mit einer Goldmedaille prämiert [10]. Dieses Konzept sieht vor, dass die vom Kurbelwellen-Generator (20 kW) elektrisch erzeugte Energie für eine unabhängige und bedarfsgerechte Steuerung von Lüfter, Kühlwasserpumpe, Klima- und Druckluftkompressoren zur Verfügung steht. Neben einer Kraftstoffeinsparung von bis zu 5 % gibt es eine Schnittstelle zu externen Verbrauchern mit 230 V und 400 V Anschluss. Rauch rüstet Düngerstreuer und Amazone Einzelkornsäegeräte bereits jetzt mit elektrischen Antrieben aus. Weitere Schritte sind die Ausrüstung beispielsweise einer Kreiselege mit elektrischen Antrieben. Eine Möglichkeit, um einen hohen Systemwirkungsgrad zu erzielen, ist, Energiequelle und Energieverbraucher unabhängig voneinander zu betreiben. Die bereitgestellte Energie wird hierzu zwischengespeichert und kann je nach Bedarf von den Verbrau-

chern entnommen werden. Die Verbrennungskraftmaschine stellt dauerhaft eine konstante Leistung zur Verfügung. Leistungsspitzen der Elektromotoren werden mit einem Energiespeicher im elektrischen Zwischenkreis gedämpft. Deshalb kann der Dieselmotor in seinem wirkungsgradoptimalen Bereich betrieben werden. Prinzipiell eignen sich Schwungradspeicher, Batterien und Supercaps für die kurzzeitige Leistungsspeicherung. Neben den bisherigen Entwicklungen [11] bedarf es weiterer Untersuchungen im Hinblick auf das Verhältnis von Kosten und Nutzen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die elektrischen Antriebe werden aufgrund ihrer Vorteile an Bedeutung in der Landtechnik gewinnen. Allerdings sind Forschungen und Entwicklungen notwendig, die die Nachteile wie das hohe Leistungsgewicht reduzieren. Die aufgeführten Entwicklungen und Tendenzen deuten darauf hin, dass elektrische Antriebe keine Vision, sondern vielmehr die Zukunft der Landtechnik sein werden.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • Voß, B.: Hybridfahrzeuge, Expert Verlag, Renningen, 2005
- [2] Renschler, A.: Shaping Future Transportation: Daimler startet weltweite Initiative für umweltfreundlichere Nutzfahrzeuge. Daimler AG, Stuttgart, 12. November 2007
- [3] Barucki, Th.: Realisierungsmöglichkeiten elektrischer Traktorantriebe. Landtechnik 54 (1999), H. 4, S. 228 - 229
- [4] Günther, A., G. Bernhard, St. Mann und H. Jähne: Anforderungen an einen elektrischen Radantrieb. Landtechnik 60 (2005), H. 4, S. 192 - 193
- [5] • Barucki, Th.: Optimierung des Kraftstoffverbrauches und der Dynamik eines dieselelektrischen Fahrantriebes für Traktoren. Dissertation, TU Dresden, Forschungsbericht Agrartechnik, 2001
- [6] • Wünsche, M.: Elektrischer Einzelradantrieb für Traktoren. Dissertation, TU Dresden, TUDpress, 2005
- [7] Krompaß, M., A. Beer, M. Saller und M. Scharnagl: Optimierung einer Permanenten Synchronmaschine für den Einsatz in Nutzfahrzeugen. VDE-ETG-Kongress 2007, Hybridantriebstechnik-Energieeffiziente elektrische Antriebe, Karlsruhe, 23.-24. Oktober 2007
- [8] Gallmeier, M., und H. Auernhammer: Hydraulic and electric drivelines for mobile working machines. VDI-MEG Conference: Agricultural Engineering, Hannover, 9.-10. November 2007
- [9] Deutz AG: Erster Hybrid-Antrieb für Baumaschinen, Prospekt, Mai 2007
- [10] John Deere: Traktoren- einmal mehr Gold wert. Land & Technik 2007/2008
- [11] Biermann, J.: Elektrische Zusatzspeicher im Elektroantrieb von Landmaschinen. Landtechnik 56 (2001), SH 2, S. 433 - 434

Tab. 1: Vergleich von elektrischen, mechanischen und hydraulischen Antrieben

Table 1: Comparing electrical, mechanical and hydraulic drives

	Elektrisch	Mechanisch	Hydraulisch
Leistungsgewicht	gut	gut	gering
Leistungsdichte	gering	gut	sehr gut
Energieübertragung	sehr gut	gut	gut
Energiespeicherung	sehr gut	gut	gut
Steuer- und Regelbarkeit	sehr gut	gering	gut
Wirkungsgrad	sehr gut	gut	gering
Konstruktive Gestaltung	sehr gut	gut	sehr gut
Kosten	teilweise hoch	hoch	gering