

Wolfgang Aumer, Mirko Lindner, Mike Geißler, Thomas Herlitzius und Gerd Bernhardt, Dresden

Konzeptioneller Vergleich von elektrischen und hydrostatischen Fahrtrieben im Mähdrescher

Der steigende Bedarf an Biomasseerzeugung und Versorgung mit Nahrungsmitteln erfordert in Zukunft die Steigerung der Produktivität und Effizienz von Erntemaschinen. Die Notwendigkeit weiter steigender Maschinenleistung in einem limitierten Bauraum unterzubringen und die Fortschritte in der Entwicklung elektrischer Antriebe machen neue Antriebskonzepte auf der Basis elektro-mechanischer Energiewandlung möglich. Dieser Beitrag vergleicht die Vor- und Nachteile heutiger Antriebslösungen mit neuen Systemen, die mechanische und hydraulische Leistungsverzweigung mit ihren entsprechenden Nachteilen in Wirkungsgrad, Bauraum und Flexibilität durch die konsequente Nutzung der Vorteile von elektrischen Antrieben ersetzt.

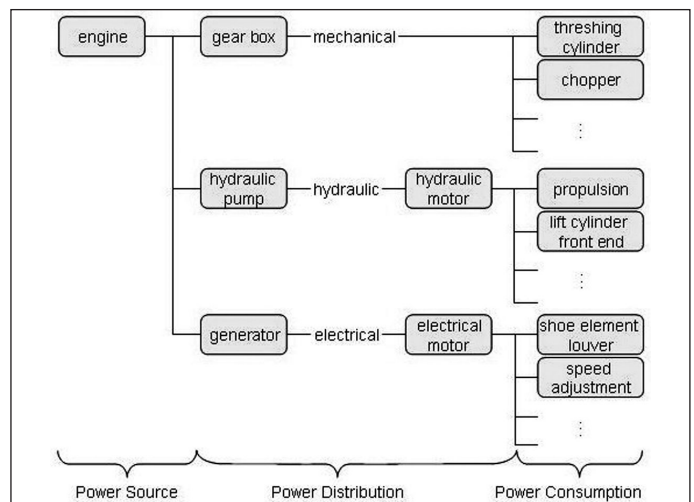
In den letzten Jahrzehnten ist die Entwicklung bei selbstfahrenden Erntemaschinen geprägt von Produktivitäts- und Effektivitätssteigerungen. In Folge der Vergrößerung von Schneidwerks- und Kanalbreite sowie funktionellen Verbesserungen zur Steigerung der Durchsatz- und Gesamtleistung, stiegen der Energiebedarf und die Motorleistung an. Der Antriebsstrang eines Mähdreschers ist komplex aufgebaut. Je nach Leistungsbedarf und Funktion werden die Arbeitsorgane mechanisch oder hydraulisch angetrieben. In Bild 1 ist die Leistungsverzweigung eines Mähdreschers schematisch dargestellt.

räumliche Übertragung, vermindern aber im Allgemeinen die Effizienz der Maschine.

Die Anzahl der Übertragungselemente als Maß für die Komplexität des Mähdreschers nimmt um 60 % ab [1]. Weitere Vorteile sind der höhere Wirkungsgrad und die Möglichkeit der besseren Regelbarkeit. Die elektrischen Antriebe ermöglichen neue Strategien des Antriebsstrangmanagements. Mit den zur Verfügung stehenden Informationen, wie Drehmoment und Drehzahl, ist der Leistungsfluss des Antriebsstranges bekannt. Individuelle und stufenlose Drehzahl- und Drehmomenteinstellungen ermöglichen eine flexible Auslegung der Antriebsselemente.

Bild 1: Schematische Leistungsverzweigung eines Mähdreschers

Fig. 1: Schematic power split in a combine harvester



Der Dieselmotor stellt die Leistung zur Verfügung. Mit Getrieben und Stellgliedern werden die unterschiedlichen Drehzahlen und Drehmomente von der Leistungsquelle an die Verbraucher angepasst. Große Leistungsverbraucher werden heute sowohl mechanisch als auch hydraulisch angetrieben. Hydraulische Antriebe werden für mittlere Leistungen und bei dezentraler Anordnung eingesetzt. Für Verstellorgane und Verbraucher mit geringem Leistungsbedarf werden elektrische Antriebe verwendet. Aufgrund der Vielzahl von Antrieben sind zahlreiche Übertragungselemente notwendig, die zu komplexen Antriebssträngen führen. Eine Alternative bieten elektrische Antriebe. Hydraulische Antriebe bieten eine flexible

Der elektrische Antriebsstrang ist exemplarisch in Bild 2 dargestellt.

Der Generator nimmt die Leistung des Dieselmotors ab und wandelt die mechanische Energie in elektrische um. Eine mögliche Lösung ist, dass der Generatorgleichrichter den Gleichspannungszwischenkreis speist, aus dem alle elektrischen Antriebe ihre Energie über Wechselrichter beziehen. Am Beispiel des Fahrtrieb eines Mähdreschers wird der hydrostatische mit dem elektrischen Antrieb verglichen.

Fahrtrieb im Mähdrescher

Der Fahrtrieb in leistungsfähigen Mähdreschern erfolgt mit Hydrostaten, um die Fahr-

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

Elektrische Antriebe, Mähdrescher, Antriebsstrang

Keywords

Electrical drives, combine harvester, power train

zeuggeschwindigkeit stufenlos dem Durchsatz anzupassen. Der prinzipielle Aufbau des hydrostatischen Antriebssystems im Mähdrescher ist in *Bild 3* links zu sehen.

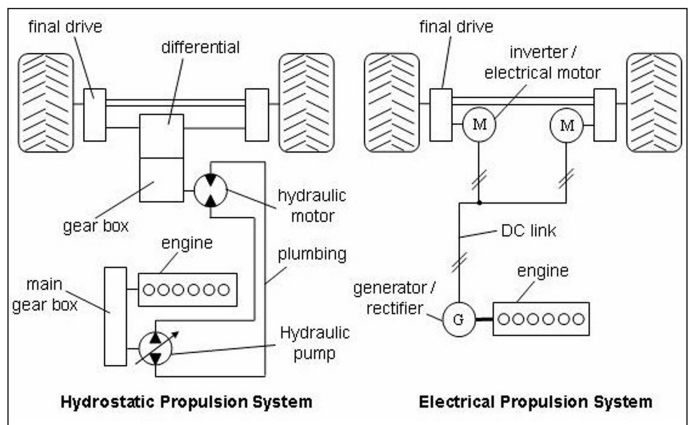
Der Dieselmotor treibt über das Hauptgetriebe die verstellbare Hydropumpe an. Der erzeugte Volumenstrom wird zum Hydromotor geleitet, der über Schaltgetriebe, Achsdifferenzial und Radvorgelege mit den Antriebsrädern verbunden ist. Das Medium Öl erfüllt zwei Funktionen: Leistungsübertragung und Kühlung. Bei geschlossenen hydraulischen Systemen ist eine Erweiterung nicht möglich. Der dezentrale Aufbau elektrischer Antriebssysteme bietet Vorteile durch ihre Erweiterungsmöglichkeiten. Weitere Elektromotoren lassen sich ohne großen Aufwand in das Gesamtsystem integrieren.

Elektrischer Fahrtrieb als effiziente Alternative

Wird der Fahrtrieb eines Mähdreschers mit elektrischen Antrieben ausgerüstet, so ergibt sich die in *Bild 3* rechts gezeigte Anordnung. Der Generator ist direkt mit dem Dieselmotor verbunden. Über den Generatortgleichrichter wird die bereitgestellte Leistung in den Gleichspannungszwischenkreis gespeist. Die Wechselrichter erzeugen eine Wechselspannung für die Elektroantriebsmotoren, die über das Radvorgelege ihre Leistung an die Räder abgeben. Mit der Integralbauweise werden permanenterregte Synchronmotoren und Umrichter in einer

Bild 3: Hydrostatischer und elektrischer Fahrtrieb eines Mähdreschers

Fig. 3: Hydrostatic and electrical propulsion in a combine harvester



räumlichen Einheit zusammengefasst [2, 3]. Die verringerte Anzahl an Getrieben in der elektrischen Leistungsübertragung reduziert die aktiven Teile im Antriebsstrang im Gegensatz zur hydraulischen Variante um 57% [1]. Die flexible Anordnung der Übertragungselemente schafft zusätzliche Freiheiten bei der Konstruktion der Maschine. Ein begrenzender Faktor ist bei selbstfahrenden Erntemaschinen die Gesamtmaschinenbreite. Durch Integration der Elektroantriebseinheit in das Felgeninnere wird zusätzlicher Bauraum ermöglicht. Standardelektromotoren reichen für die Erfüllung der geforderten Leistungsparameter noch nicht aus [4]. Einen quantitativen Vergleich von Masse, Kosten und Wirkungsgrad für einen 150 kW Mähdrescher mit elektrischem und hydrostatischem Fahrtrieb zeigt *Tabelle 1*. Die Werte sind von Integrationsgrad und hydrostatischem Fahrtrieb abhängig.

Der Wirkungsgrad beim elektrischen Antriebssystem ist im Vergleich zum hydrostatischen Antrieb höher. Masse und Kosten

beim derzeitigen Fahrtrieb im Mähdrescher zeigen bessere Werte auf. Die höheren Kosten eines elektrischen Antriebssystems, die in absehbarer Zeit um 10 bis 20 % sinken können, werden für den Anwender durch einen höheren Kundennutzen attraktiv [5]. Bei der Bewertung einer solchen komplexen Maschine ist anstelle des Kaufpreises von den „Life-Cycle-Costs“ auszugehen. Mit dieser Lebensdauerbetrachtung werden alle Kosten einer Maschine betrachtet. Ein höherer Anschaffungspreis wird sich für den Anwender lohnen, wenn er durch verringerten spezifischen Kraftstoffverbrauch, geringere Wartung, erhöhte Zuverlässigkeit und Produktivität gerechtfertigt ist.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit mechanischen, hydraulischen und elektrischen Übertragungselementen wird die mechanische Leistung von Quelle zu Verbraucher über räumlich große Bereiche verteilt. Eine zukunftsweisende Alternative können funktionspezifische, dezentrale und modular gestaltete elektrische Antriebseinheiten sein, denen die Leistung über ein elektrisches Netz zugeführt wird [6, 7].

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] *Perl, H.*: Elektrische Antriebe in Mähdreschern. Großer Beleg, unveröffentlicht, TU Dresden, 2004
- [2] *Klockow, T., F. Hörl und M. Kunz*: Permanenterregte Traktionsmotoren. Elektrische Bahnen 101 (2003), H. 3
- [3] *Eversheim, W., J. Schernikau und R. Niemyer*: Mechatronik - Konsequenzen einer Technologieintegration. VDI-Zeitschrift Integrierte Produktion, 140 (1998), H. 11/12
- [4] • *Barucki, Th.*: Optimierung des Kraftstoffverbrauchs und der Dynamik eines dieselelektrischen Fahrtriebes für Traktoren. Dissertation, TU Dresden, 2001
- [5] *Bernhardt, G., und J. Teichmann*: Alternative Antriebskonzepte für Mähdrescher. VDI-MEG Kolloquium Mähdrescher, Hohenheim, 17./18. März 2005
- [6] *Bernhardt, G., und J. Teichmann*: Anwendungsmöglichkeiten von elektrischen Antriebskomponenten und -systemen in der Landtechnik. Studie, unveröffentlicht, TU Dresden, 2001
- [7] *Wünsche, M., und I. Biermann*: Entwicklung und Aufbau eines Traktors mit Einzelradantrieben. Studie, unveröffentlicht, TU Dresden, 2001

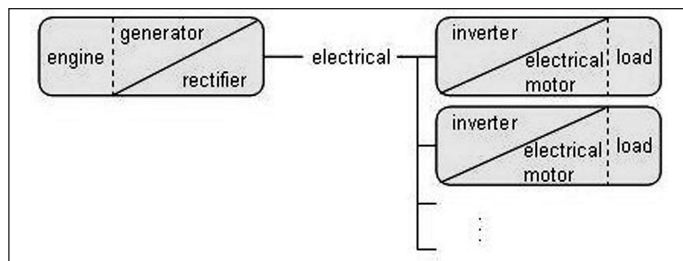


Bild 2: Elektrischer Antriebsstrang im Mähdrescher

Fig. 2: Electrical powertrain in a combine harvester

Tab. 1: Vergleich von Masse, Kosten und Wirkungsgrad eines elektrischen und hydrostatischen Fahrtriebes im Mähdrescher

Table 1: Comparing of mass, costs and efficiency of an electrical and a hydrostatic propulsion in a combine harvester

Elektrischer Antrieb				Hydraulischer Antrieb [1]			
	Masse [kg]	Kosten [€]	η [-]		Masse [kg]	Kosten [€]	η [-]
Generator	250	5000	0,92-0,96	Hydropumpe	60	1500	0,70-0,87
Generatorgleichrichter	80	2500	0,95-0,97	Hauptgetriebe	200	3000	0,96-0,98
Leitungen	100	1800	0,99	Leitungen	30	500	0,93-0,98
Motorwechselrichter	2x80	2x2500	0,95-0,97	Getriebe mit Differential	160	6000	0,95-0,97
Radvorgelege	2x280	2x3500	0,97-0,98	Antriebswelle	2x20	2x250	0,99
Antriebsmotor	2x300	2x4000	0,90-0,94	Radvorgelege	2x280	2x2500	0,97-0,98
Kühler	150	600	-	Hydromotor	40	1200	0,70-0,87
Kühlleitungen	90	600	-	Kühler	20	600	-
Gesamt	1990	30500	0,72-0,82	Öltank	20	100	-
				Gesamt	1130	17800	0,40-0,68