

Hydraulische Antriebstechnik in mobilen Arbeitsmaschinen

Bei der Fakultät für Maschinenbau
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

eingereichte

Habilitationsschrift

von
Dr.-Ing. Thorsten Lang

Wissenschaftlicher Vortrag am 04.02.2009
Antrittsvorlesung am 15.04.2009

Forschungsberichte des Instituts für Landmaschinen und
Fluidtechnik

Thorsten Lang

**Hydraulische Antriebstechnik
in mobilen Arbeitsmaschinen**

Shaker Verlag
Aachen 2011

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Habil.-Schr., 2011

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0022-1

ISSN 1616-1912

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Ausarbeitung entstand im Rahmen der wissenschaftlichen Tätigkeit am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Hans-Heinrich Harms. Ihm gilt mein ganz besonderer Dank für sein Vertrauen, die Schaffung der notwendigen Freiräume sowie die langjährige persönliche Förderung in vielerlei Hinsicht.

Die Arbeit wurde als schriftliche Habilitationsleistung von der TU Braunschweig anerkannt. Mein Dank gilt daher neben Prof. Harms auch den Herren Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff von der RWTH Aachen und Prof. Dr. techn. Rudolf Scheidl von der Johannes Kepler Universität Linz für die Übernahme der Gutachten.

Ferner danke ich allen wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für ihre tatkräftige Unterstützung. Dies gilt auch für die zahlreichen Studierenden, die einen nicht unerheblichen Anteil an den Forschungsarbeiten des Instituts beitragen.

Ein ganz besonderer Dank gilt auch den Herren Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Jürgen Matthies und Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Karl-Theodor Renius für die freundliche Genehmigung, auszugsweise Bilder aus dem Buch „Einführung in die Ölhydraulik“ verwenden zu dürfen. Das Buch entstand vor einigen Jahren am Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig unter der Leitung von Prof. Matthies und wurde dann später gemeinsam mit Prof. Renius aktualisiert und weiterentwickelt. Das Buch stellt ein sehr gutes Grundlagenwerk in der universitären Ausbildung dar.

Mein außerordentlicher und herzlicher Dank gilt auch meiner Familie, insbesondere meiner Frau Andrea, deren tatkräftige, entlastende Unterstützung und aufbauende Ermutigung einen wesentlichen Anteil am Gelingen der vorliegenden Arbeit gebildet hat und unseren Kindern Clemens und Ida, die oft auf gemeinsame Stunden verzichten mussten.

Thorsten Lang

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung dieser Arbeit	1
2	Grundlagen und Begriffe.....	3
2.1	Systematisierung der Fluidtechnik	3
2.2	Grundgleichungen der Hydraulik.....	6
2.3	Komponenten in der Mobilhydraulik.....	13
2.3.1	Pumpen und Motoren.....	13
2.3.2	Zylinder.....	18
2.3.3	Ventile.....	22
2.3.4	Hydrotransformatoren.....	25
3	Grundbegriffe und Systematik hydraulischer Schaltungstechnik	29
3.1	Lastfälle	30
3.2	Ölrückführung	33
3.3	Räumliche Anordnung	35
3.4	Leistungsnutzung	35
3.4.1	Einzelne Verbraucher	36
3.4.2	Mehrere Verbraucher	36
3.5	Leistungsverstellung	37
3.5.1	Verdrängersteuerung.....	38
3.5.2	Widerstandssteuerung.....	43
3.6	Leistungsfluss.....	50
3.6.1	Vollhydrostatischer Leistungsfluss.....	50
3.6.2	Verzweigter Leistungsfluss.....	51
3.7	Energiespeicherung	62
3.8	Wirkungsgrade und Kennlinienfelder	65
4	Grundlegende und erweiterte Systemschaltungen.....	68
4.1	Grundlegende Schaltungen	68
4.2	Betrieb mit mehreren Verbrauchern.....	79
4.3	Vergleich grundlegender Systeme	85
4.4	Weiterführende elektrohydraulische Schaltungskonzepte	88

5	Mobile Arbeitsmaschinen	91
5.1	Begriffsbestimmungen	93
5.2	Allgemeine Systemanforderungen bei mobilen Arbeitsmaschinen	99
6	Applikationsbeispiele und Antriebslösungen	103
6.1	Fahrertriebe	103
6.1.1	Einmotorenkonzepte	105
6.1.2	Mehrmotorenkonzepte	107
6.1.3	Einzelradkonzepte	109
6.1.4	Leistungsverzweigungsgetriebe	111
6.2	Arbeitsantriebe	114
6.2.1	Hydraulik in Traktoren	117
6.2.2	Hydraulik in Baggern und Radladern	120
6.2.3	Aktive Lasten	123
6.2.4	Lenkung	125
7	Zusammenfassung und Ausblick	127
8	Literaturverzeichnis	129