

**Hybridmodul für elektrohydraulische  
Antriebssysteme von Baggern**

**Hybrid Module for Electrohydraulic  
Drive Systems of Excavators**

Von der Fakultät für Maschinenwesen der  
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors  
der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von

**Roland Leifeld**

Berichter/in: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Katharina Schmitz

Tag der mündlichen Prüfung: 11.02.2022

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Universitätsbibliothek online verfügbar.

---

## Zusammenfassung

---

Mobile Arbeitsmaschinen bestehen bis zum heutigen Tage weitestgehend aus Antriebssystemen, welche primär durch einen Dieselmotor versorgt werden. Ein großer Anteil der an der Motorwelle zur Verfügung stehenden mechanischen Leistung wird in der Regel durch hydrostatische Pumpen in hydraulische Leistung umgewandelt. Die Vorzüge als robuste und kompakte Antriebstechnologie zum Betreiben einer Vielzahl paralleler, vor allem linearer, Aktoren werden auch zukünftig zum Einsatz der Hydraulik in mobilen Arbeitsmaschinen führen.

Lange beruhte die Steigerung der Maschineneffizienz oder -produktivität auf der Verbesserung einzelner Antriebssubsysteme. Vielversprechend ist hingegen eine ganzheitliche Betrachtung der mobilen Arbeitsmaschine, welche sowohl die Interaktion aller in der Maschine befindlichen Subsysteme als auch die äußeren Einflüsse auf die Maschine berücksichtigt. Bezogen auf die Interaktion zwischen Subsystemen ist es das vorrangige Ziel, das Belastungskollektiv jedes Subsystems in dessen optimalen Betriebspunkt zu verschieben.

Im Fokus dieser Arbeit steht die Entwicklung eines hydraulischen Hybridsystems, welches als Zusatzmodul ergänzend zum regulären Ventilsystem eines Hydraulikbaggers zu verstehen ist. Dieses System umfasst neben einem rein statisch zu betrachtenden Leistungsausgleich auch die Eingrenzung dynamischer Drehmomentänderungen am Dieselmotor. Gerade transiente Lastzustände der VKM sind sowohl für eine Zunahme des Kraftstoffverbrauchs als auch der Maschinenemissionen verantwortlich. Das entwickelte hydraulische Hybridsystem, welches als Ergänzung zu einer VKM verwendet wird, ist somit im Stande sprunghafte Drehmomentbelastungen der VKM durch dynamische Unterstützung zu verhindern. Der statische Leistungsausgleich der VKM besteht darin, in Phasen mit Leistungsüberschuss aktiv den Speicher zu laden, was einem Anheben der Grundlast entspricht, und in Phasen mit Leistungsmangel durch den Speicher des Hybridsystems unterstützt zu werden. In Form einer Volumenstromunterstützung stellt das Hybridsystem zusammen mit der Hauptpumpe die erforderliche Leistung für das elektrohydraulische LS-System bereit.

Das Hybridsystem wird anhand von drei Lastzyklen mit dem Standard/LS-System verglichen, wobei die Messungen jeweils mit der gleichen Maschine, am gleichen Tag, mit dem gleichen Maschinenbediener durchgeführt wurden, um eine hohe Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten. Im Querschnitt aller Zyklen wird mit dem Hybridsystem eine Kraftstoffeinsparung von ca. 16 % und eine Verringerung der Zykluszeit von ca. 4 % festgestellt.

---

## Abstract

---

To this day, mobile machines largely consist of drive systems that are primarily powered by a diesel engine. A large proportion of the mechanical power available at the engine shaft is usually converted into hydraulic power by hydrostatic pumps. The advantages of hydraulics as a robust and compact drive technology for operating many parallel, primarily linear, actuators will continue to lead to its use in mobile machinery in the future.

For a long time, increasing machine efficiency or productivity was based on improving individual drive subsystems. However, a holistic view of the mobile machine, which considers the interaction of all subsystems in the machine as well as the external influences on the machine, is promising. With respect to the interaction between subsystems, the primary goal is to shift the load collective of each subsystem to its optimal operating point.

The focus of this work is the development of a hydraulic hybrid system, which is to be understood as an additional module supplementing the regular valve system of a hydraulic excavator. In addition to a purely static power balancing, this system also includes the limitation of dynamic torque changes on the diesel engine. Transient load conditions of the ICE in particular are responsible for an increase in both fuel consumption and engine emissions. The hydraulic hybrid system developed, which is used as a supplement to an ICE, is thus able to prevent abrupt torque loads on the ICE through dynamic support. The static power balancing of the ICE consists of actively charging the storage in phases with power surplus, which corresponds to an increase of the base load, and being supported by the storage of the hybrid system in phases with power shortage. In the form of volume flow support, the hybrid system together with the main pump provides the required power for the electrohydraulic LS system.

The hybrid system is compared with the standard/LS system based on three load cycles, whereby the measurements were carried out in each case with the same machine, on the same day, with the same machine operator, in order to ensure a high degree of comparability of the measurement results. On average of all cycles, a fuel saving of approx. 16 % and a reduction in cycle time of approx. 4 % is determined with the hybrid system.