

Herbert Pfab, Bischofshofen

# Der Antriebsstrang von Radladern mit hydrostatischem Fahrtrieb

*Durch den Einsatz elektronischer Steuerungen hat der hydrostatische Fahrtrieb in den letzten Jahren große Fortschritte in Bezug auf Funktion, Komfort und Wirtschaftlichkeit erzielt. In Kombination mit spezialisierten Schaltgetrieben entsteht ein stufenloser Antrieb, der in der Anwendung bei Radladern die Anforderungen sehr gut erfüllt. Der Beitrag behandelt Anforderungen, Auslegung, Konzeption und Betriebsverhalten moderner hydrostatischer Fahrtriebe in Radladern.*

Bei der Auswahl des Fahrtriebs für einen Radlader sind folgende grundsätzliche Einsatzmerkmale zu bedenken:

- Höchste Zugkraft bei minimaler Fahrgeschwindigkeit beim Lösen von Material und beim Füllen der Schaufel
- Häufiges Reversieren: Im normalen Lade- oder Rückverladeeinsatz beträgt die Dauer eines Ladespieles ~ 35 s. Während eines Ladespieles wird vier mal reversiert!
- Fahrbetrieb: Aufgrund der Reversierhäufigkeit ist das Fahren praktisch nie stationär. Das Getriebe muss zum Beschleunigen und Bremsen ständig verstellt werden.
- Aufteilung der Antriebsleistung: Beim Füllen und Entleeren der Schaufel müssen die Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit vom Fahrer bei voller Motorleistung gesteuert werden können.

## Lastkollektiv für den Fahrtrieb

Die Dimensionierung der Komponenten im Antriebsstrang wird nach der Betriebsfestigkeitslehre vorgenommen. Grundlage dafür sind Last- und Drehzahlkollektive, die für typische Einsatzfälle erfasst werden. Bei Verstellpumpen und -motoren sind die Betriebsgrößen Druck, Drehzahl und Schwenkwinkel. Es werden für folgende Einsätze Einzelkollektive gemessen:

- Kurzer Ladezyklus
  - Langer Ladezyklus
  - Verladen von gesprengtem Fels
  - Brecharbeiten an der Wand
  - Recyclingeinsatz
  - Straßenfahrt – bergauf/bergab
  - Erdarbeiten
  - Recyclingeinsatz (auf Betonfahrbahn)
- Aus diesen Einzelkollektiven wird unter Berücksichtigung der Zeitanteile ein Gesamtkollektiv gebildet. Problematisch ist jedoch der bei größeren Maschinen vorherrschende „Monokultureinsatz“ (Gewinnungsbetriebe, Recycling). So beträgt die B10-Lebensdauer der Hinterachsplaneten im Recyclingeinsatz nur 5% des Wertes für Steinbrucheinsatz. Ein ökonomischer Kompromiss für eine Serienauslegung ist demnach kritisch.

## Konzeption des Antriebsstranges

Je nach Antriebsleistung, Geschwindigkeits- und Zugkraftanforderung werden heute hydrostatische Getriebe mit nachgeschalteten, mechanischen Getrieben ergänzt. Im geschlossenen Kreis kommen durchwegs verstellbare Axialkolbenmaschinen zum Einsatz. Der Wandlungsbereich wird durch die Grenzdrehzahlen von Pumpe und Motor sowie den durch die Verlustleistung begrenzten minimalen Schwenkwinkel eingeschränkt.

Für Dieselleistungen bis ~ 75 kW wird die Antriebsstruktur gemäß Bild 1 realisiert. Das Abtriebsmoment des Verstellmotors wird über eine Stirnradstufe auf die Ritzelwelle des Hinterachsdifferentials geführt. Das Selbstsperrdifferential nützt die Axialkraft an den Ausgleichskegelrädern. Die Lenk- oder Starrachsen weisen Endantriebe in Planeten- oder Vorgelegebauart auf. Bei starrem Allrad werden mechanische oder hydraulische Einkreis- oder Zweikreis-Bremsanlagen an der Gelenkwelle zur Vorderachse angebaut.

Maschinen bis ~ 100 kW Antriebsleistung werden ohne Schaltgetriebe konzipiert, wobei die höheren Anforderungen kostengünstig durch zwei parallel eingesetzte Ölmotoren abgedeckt werden (Bild 2). Der Vorteil gegenüber einem großen Einzelmotor besteht in der höheren Drehzahlgrenze sowie der Möglichkeit der Null-Stellung und me-

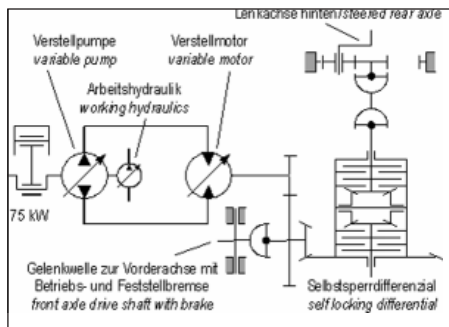


Bild 1: Hydrostatischer Fahrtrieb ohne Schaltgetriebe

Fig. 1: Hydrostatic drive without gearbox

Dr.-Ing. Herbert Pfab ist Abteilungsleiter der LIEBHERR-Werk Bischofshofen GmbH; e-mail: herbert.pfab@lbh.liebherr.com

## Schlüsselwörter

Radlader, hydrostatischer Fahrtrieb

## Keywords

Wheel loader, hydrostatic drive

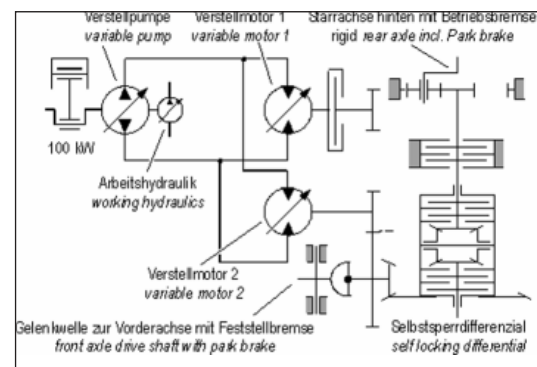


Bild 2: Hydrostatischer Fahrtrieb mit zwei Ölmotoren

Fig. 2: Hydrostatic drive with two oil motors

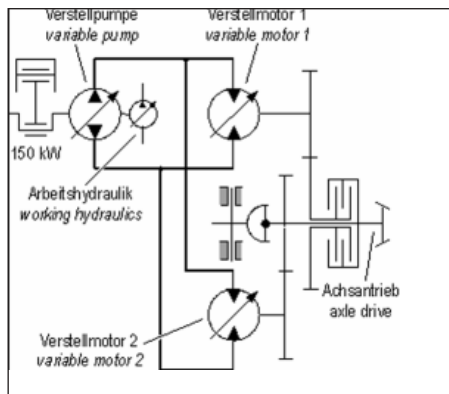


Bild 3: Hydrostatischer Fahrtrieb mit zwei individuell überetzten Ölmotoren

Fig. 3: Hydrostatic drive with two individually geared oil motors

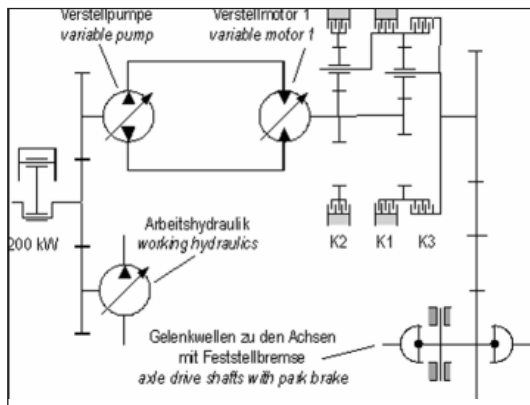


Bild 4: Antrieb mit 3-Gang-Lastschaltgetriebe in Planetenbauweise (Bauart ZF 3AVG310)

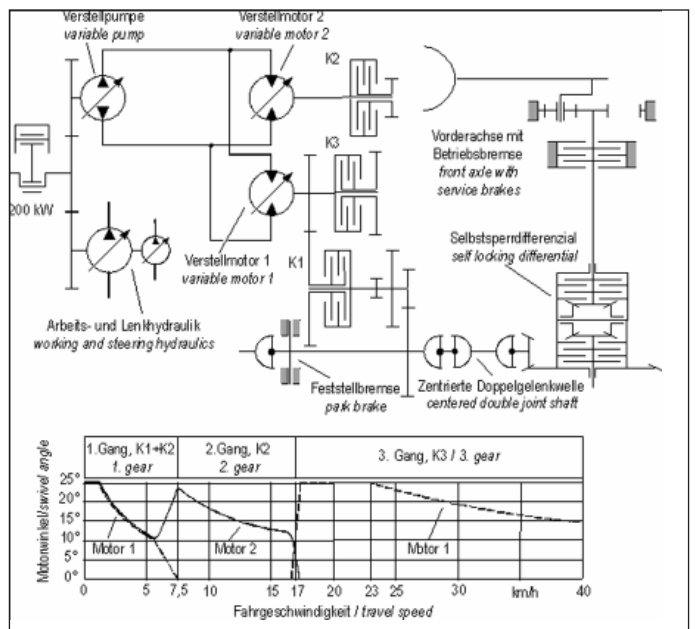
Fig. 4: Driveline with 3-speed powershift transmission (type ZF 3AVG310)

mechanischen Abschaltung (optional) von Motor 1 bei hohen Fahrgeschwindigkeiten. Die Betriebsbremse ist als nasse, schnelllaufende Lamellenbremse in den Achsen ausgeführt. Eine Variante dieser Antriebsstruktur ist in Bild 3 dargestellt. Durch ein zusätzliches Zahnrad werden die beiden Ölmotoren individuell übersetzt.

Eine dem Einsatzgewicht der Maschine angepasste Zugkraft sowie die Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h erfordern bei Radladern mit bis 200 kW Antriebsleistung ein 3-Gang-Lastschaltgetriebe in Ergänzung zum Hydrostaten. Erste Getriebe wurden von Wandlerantrieben adaptiert, wobei die Rückwärtsgruppe wegfällt (Bild 4). Durch hydraulisch-moduliertes Ansteuern der Kupplungen für die Gänge 1 (K1), 2 (K2) und 3 (K3) können die Fahrbereiche unter Vollast bei kurzzeitigem und geringfügigem Drehmomentabfall gewechselt werden. Beim Gangwechsel wird die Getriebeeingangsdrehzahl durch elektronisch gesteuerte Verstellung des Hydrostaten synchronisiert.

Bild 5: Antrieb mit zwei Ölmotoren und zwei Schaltwellen (Bauart LIEBHERR 2plus2)

Fig. 5: Driveline with two oil motors and two input shafts (type LIEBHERR 2plus2)



Im Gegensatz zu den vorgenannten Konzepten ist das Getriebe nicht fest mit der Hinterachse verblockt, sondern elastisch im Fahrzeugrahmen gelagert und über Gelenkwellen mit Hinter- und Vorderachse verbunden.

Die jüngste Entwicklungsstufe von hydrostatischen Fahrzeugantrieben ist in Bild 5 dargestellt. Das Schaltgetriebe wird von zwei Verstellmotoren bedient. Im ersten Gang treiben beide Ölmotoren über die Kupplungen K1 und K2 das Getriebe an. Im Gang 2 wird Motor 1 auf 0° Schwenkwinkel gestellt und durch Öffnen der Kupplung K1 aus dem Antrieb genommen (Motor steht still). Beim Wechsel in den 3. Gang wird Motor 1 mit Kupplung K3 bei 0° Schwenkwinkel synchronisiert. Daraufhin wird durch gegengleiche Verstellung der Motoren die Last von Motor 2 auf Motor 1 übertragen und der Motor 2 bei 0° Schwenkwinkel durch Öffnen von K2 aus dem Antrieb genommen. Ähnlich wie bei modernen Doppelkupplungsgetrieben wird der zu schaltende Gang durch Einkuppeln vorbereitet. Das Schalten der Last geschieht durch Umsteuern der Ölmotoren bei geschlossenen Kupplungen. Beim Durchfahren der Gänge werden die Schwenkwinkel der Verstellmotoren elektro-proportional verstellt (Bild 5). Die Gelenkwelle zur Vorderachse wird aufgrund der Knicklenkung beidseitig ~ 40° gebeugt. Zum Einsatz kommen zentrierte Doppelgelenkwellen (Bild 5) oder einfache Gelenkwellen in W-Anordnung und Zwischenlager im vorderen Maschinenrahmen.

Bild 6 zeigt zum Vergleich den Fahrtrieb eines Radladers mit hydrodynamischem Drehmomentwandler und Lastschaltgetriebe (Bauart ZF Ergopower). Das Getriebe ist mit zwei Vorwärtsgruppen A und B, einer Gruppe für die Rückwärtsfahrt R und jeweils drei Gängen ausgerüstet. Der zweiphasige Wandler (mit Freilauf) kann verschiedentlich bei hohen Fahrgeschwindigkeiten mit einer Kupplung überbrückt werden. Die Reiblamellen der Betriebsbremse drehen sich mit Radrehzahl.

### Funktionsumfang und Betriebsverhalten

Der Hydrostat mit nachgeschaltetem Lastschaltgetriebe besitzt alle Vorteile eines stufenlosen Kennungswandlers. Zusätzlich bieten sich folgende Funktionsmerkmale:

- Reversieren ohne Kupplungs betätigung durch Schwenken der Schrägscheibepumpe
- Zugkraftmaximum im Stillstand bei sehr gutem Wirkungsgrad
- Verlustfreie Momentenbegrenzung durch Hochdrucklimitierung (Druckabschneidung)
- Steuerbare Leistungsaufnahme durch Steuerdruckbegrenzung (Inchen)
- Völlig ruck- und verzögerungsfreier Wechsel der Fahrbereiche (Gänge) bei Zweimotorenkonzept (Bild 5)

Damit steht ein Antrieb für Radlader zur Verfügung, der hinsichtlich Funktion, Komfort und Wirtschaftlichkeit konventionellen Antriebskonzepten überlegen ist.

Bild 6: Radladerantrieb mit Lastschaltgetriebe und hydrodynamischem Wandler (Bauart ZF Ergopower)

Fig. 6: Driveline of wheel loader with powershift transmission and torque converter (type ZF Ergopower)

