

# Hydraulik flexibel regeln

„Luft im Hydrauliköl“  
Forschungsthema an  
der TU Braunschweig

Umfangreiche  
Messdatenerfassung  
kombiniert mit  
dynamischen  
Steuerungsaufgaben

DS1103 PPC  
Controller Board als  
Universalmesstechnik-  
Hardware

Das Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der Technischen Universität Braunschweig setzt im Rahmen der Forschung und Lehre in mehreren Versuchsständen das DS1103 PPC Controller Board ein. Für das Forschungsthema „Luft im Hydrauliköl“ finden zurzeit Untersuchungen an einem hydraulischen Versuchsaufbau statt. Dafür werden Regelungsmodelle auf Basis von MATLAB®/Simulink® programmiert, kompiliert und mit Hilfe der Experiment-Software ControlDesk komfortabel ausgeführt und kontrolliert.

Ein wichtiger Forschungsbereich des Instituts für Landmaschinen und Fluidtechnik beschäftigt sich mit dem Thema „Luft im Hydrauliköl“.

In diesem Zusammenhang haben wir für die Volkswagen AG und für den Fluidtechnikfonds des VDMA bereits mehrere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema „Verschäumungsverhalten von Mineralölen“ durchgeführt.

## Gemeinsamer Ölhaushalt für Getriebe und Hydraulik

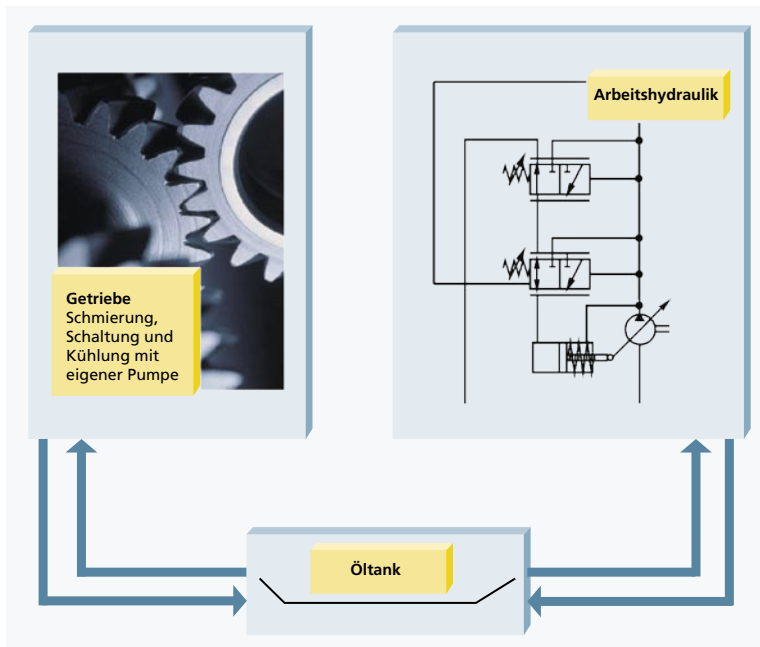
Da viele Traktoren mit einem gemeinsamen Ölhaushalt für Getriebe und Hydraulik ausgestattet sind, stellte sich dem Institut die Frage, ob durch die gemeinsame Nutzung des Öls in beiden Teilsystemen vermehrt Probleme durch Dispersionen und Oberflächenschaum auftreten, die auf freie Luft im Mineralöl zurückzuführen sind.

## Der Einfluss von Luft im Hydrauliköl

Das Öl wird für die Hydraulik, die Getriebebeschierung und zur Kühlung eingesetzt. Dringt Luft in diesen Kreislauf ein, so verursacht das eine Reihe von Betriebsproblemen im gesamten System. Dazu gehören Effizienzverluste bei der Nutzung der eingesetzten Energie, das Auftreten von Betriebsstörungen wie Probleme beim Schalten, eine steigende Geräusentwicklung und die Verkürzung der Lebensdauer des Öls. Zusätzliche Luft wird zum Beispiel durch kämmende Zahnräder ins Hydrauliköl eingeschlagen und dann über die Hydraulikpumpen angesaugt. Auf diese Weise kann dann das Öl-Luft-Gemisch in den Hydraulikkreislauf gelangen und dort als Luft-in-Öl-Dispersion zu den genannten Schwierigkeiten führen. Im Getriebesumpf (zwischen den Zahnradern und an Sammelstellen des Öls) kann aus der Dispersion ein Oberflächenschaum entstehen, der im Extremfall zu einem Ölverlust aufgrund von Überschaumungen führen kann.

## Getriebe und Hydraulik als Versuchsstand

Im Rahmen des Forschungsthemas „Luft im Hydrauliköl“ haben wir am Institut einen hochmodernen Versuchsstand aufgebaut. Er besteht aus dem Getriebe eines Standardtraktors, aus einem kompletten Arbeitshydrauliksystem und aus einer Belastungseinheit mit Hydraulikpumpe und Belastungszylinder, die über einen zweiten hydraulischen Kreislauf läuft. Für die Getriebebeschaltung und den Hydraulikhaushalt steht ein gemeinsamer Ölhaushalt zur Verfügung. Das Getriebe dient dabei gleichzeitig als Tank für das Hydrauliksystem. Getriebe und Arbeitshydraulik haben wir mit einer Sensorik und Aktorik ausgestattet, die über die verschiedenen Ausgangsmodule der dSPACE-Hardware angesteuert wird. Dabei haben wir mit Hilfe eines dSPACE-Prototyping-Systems, das auf dem DS1103 PPC Controller Board basiert, zum Beispiel die Gangschaltung realisiert, die bei einem realen Traktor normalerweise ein Traktorsteuergerät übernimmt. Auf diese Weise steuern wir verschiedene Getriebeübersetzungen bequem vom Bedienrechner aus. Die im Rechner gene-



▲ Bei mobilen Arbeitsmaschinen wie Traktoren gibt es häufig einen gemeinsamen Ölhaushalt für Getriebe und Arbeitshydraulik.



◀ Am stationären Versuchsstand: Das Forscherteam analysiert den Einfluss von Luft in einem Arbeitshydrauliksystem einer mobilen Arbeitsmaschine.  
Von links: Björn Grösbrink, Julia Lechnitz, Thomas Fedde.

rierten Signale werden auf Elektromagnete übertragen, die wiederum verschiedene Getriebeventile schalten. Über eine in MATLAB®/Simulink® abgebildete Schaltlogik mit Sicherheitsabfragen konnten wir das Schalten der Gänge unter sicheren Betriebsbedingungen realisieren.

### Messung dynamischer Bewegungen eines Hydraulikzylinders

Für die Untersuchungen haben wir einen definierten, erhöhten Luftanteil im Hydrauliköl eingestellt und mit dem dann luftversetzten Öl die Bewegungsdynamik der Arbeitshydraulik gemessen. Über die gezielte Belastung des Differentialzylinders werden die Lastzustände eines realen Traktors bei der Arbeit mit einem Hydraulikzylinder (Lastäquivalente von 0 bis 6 Tonnen) nachgestellt und die Veränderungen aufgrund des erhöhten freien Luftgehalts analysiert. Um die Einflüsse der Luft im System zu definieren,

*„Wir setzen am Institut dSPACE-Systeme zur Steuerung und Regelung unserer Hydraulikversuchsstände ein, weil damit einfach und flexibel viele Sensor- und Stellsignale sowie CAN-Bus-Botschaften verarbeitet werden können.“*

**Dipl.-Ing. Julia Lechnitz,  
TU Braunschweig**

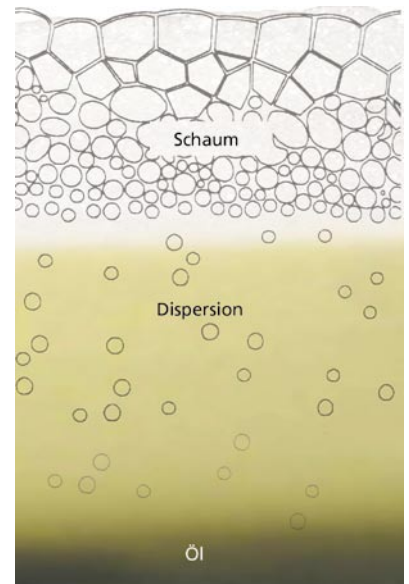
haben wir mehr als 30 unterschiedliche Sensoren installiert und zeichnen dabei mit hoher Messfrequenz diverse Analogsignale, Frequenzen und CAN-Bus-Botschaften auf. Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Komponenten verschiedenster Hersteller verlief problemlos, beispielsweise die Ansteuerung des Frequenzumrichters zur Sollwertvorgabe

für den Elektromotor, der die Hydraulikpumpen antreibt, außerdem die Steuerungsvorgaben für CAN-gesteuerte Mobilhydraulikventile des Traktors und die Schaltsignale für die Schwarz-Weißventile (einfache schaltmagnetgesteuerte Ventile, die entweder geöffnet oder geschlossen sind und keine Zwischenpositionen erlauben) zur elektro hydraulischen Gangschaltung des Getriebes sowie die Sollwertvorgaben für hochdynamische Servoventile zur Bereitstellung schneller Lastwechsel mit dem Zylinder der Belastungshydraulik.

### Der weitere Verlauf der Forschungsarbeit

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein erhöhter Anteil freier Luft im System wie erwartet einen erheblichen Einfluss auf den Betrieb der Arbeitshydraulik hat. Neben hoher Geräuschentwicklung entstehen Druckverluste und Betriebszustände mit starken Druckschwingungen. Im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit werden wir zur Interpretation der beobachteten Effekte die Stoffeigenschaften des Hydrauliköls zurate ziehen, um auf diese Weise umfassende Aussagen über den Einfluss freier Luft im System zu machen.

*Dipl.-Ing. Julia Lechnitz  
Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik  
TU Braunschweig  
Deutschland*



▲ Freie Luft im Hydrauliköl liegt als Luft-in-Öl-Dispersion oder Oberflächenschaum vor. Das kann zu Schwierigkeiten beim Betrieb der Arbeitshydraulik und des Getriebes führen.