

# Hinweise zum Betrieb von Hydraulikanlagen in der Landtechnik (Teil I)

Dr.-Ing. E. Hlawitschka, KDT, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Zur Problematik des Einsatzes von Hydraulikanlagen

In den letzten Jahrzehnten wurden in zunehmendem Maße in nahezu allen Industriezweigen und auch im Bereich der Landtechnik hydraulische Anlagen eingeführt. Dadurch wurden gleichzeitig die für die verschiedenen Aufgaben früher eingesetzten mechanischen Mechanismen bzw. Triebwerke verdrängt und durch hydraulische Systeme ersetzt.

Bei einer Analyse der technischen Entwicklung im Bereich der Landtechnik kann festgestellt werden, daß moderne, leistungsstarke Landmaschinen ohne die Verwendung von hydraulischen Bauelementen zur Ausnutzung hydraulischer Energie nicht mehr auskommen. Diese Tatsache resultiert einerseits aus den besonderen Anforderungen, die die Arbeitsorgane an ihren Antrieb stellen, und andererseits aus den Anforderungen, die der Mensch an die Bedienung solcher Maschinen stellt. Man kann heute einschätzen, daß hydraulische Antriebe sowohl die Forderung nach geeigneter Anpassung des Antriebs an das Arbeitselement als auch nach Senkung des Bedienungsaufwands im wesentlichen erfüllen sowie die Bedienung erleichtern. Gerade in den mobilen Einrichtungen der Landtechnik, wie z. B. Traktoren und selbstfahrenden Erntemaschinen, bestehen fast unbegrenzte Anwendungsmöglichkeiten der Ölhydraulik bezüglich der Mechanisierung und Automatisierung von Arbeitsprozessen.

Trotz der sichtbaren Vorteile, die der Einsatz hydraulischer Einrichtungen heute bringt, werden dennoch immer wieder Stimmen gerade aus dem Bereich der landtechnischen Praxis laut, die ihre Bedenken gegen eine zu starke Forcierung des Ersatzes mechanischer durch hydraulische Elemente anmelden. Der Grund dafür ist die Tatsache, daß hydraulische Einrichtungen und Systeme relativ teuer und kompliziert sind und daß außerdem häufig die Grenznutzungsdauer dieser Bauelemente in landwirtschaftlichen Maschinen zu gering ist. Maschinenausfallzeiten und teure Instandsetzungen bzw. der Ersatz durch Neuteile sind die Folge. Es ist deshalb notwendig, die Ursachen der frühzeitigen Ausfälle aufzudecken und daraus die entsprechenden Schlußfolgerungen zu ziehen.

Der Einsatz von hydraulischen Geräten und Anlagen im Bereich der Landwirtschaft ist durch folgende Umstände gekennzeichnet, aus denen gleichzeitig die Ursachen für deren öftmaliges frühzeitiges Versagen abgeleitet werden können:

- Die hydraulischen Anlagen in den mobilen landwirtschaftlichen Maschinen finden häufig um ein Vielfaches schlechtere Betriebsbedingungen vor als z. B. im Maschinenbau. Der hohe Fremdstoffgehalt der Umgebungsluft und die oft sehr schwankenden Betriebstemperaturen fördern den Verschleißprozeß und reduzieren damit die Grenznutzungsdauer.
- Die häufig festzustellende Unkenntnis des Bedienungs-personals über die sich im Inneren der Hydraulikanlage abspielenden Vorgänge führt zu Fehlern in der Bedienung und in der Behandlung der Anlage. Unsachgemäße Eingriffe haben oftmals das Unbrauchbarwerden verschiedener Bauelemente und den Ausfall der Hydraulikanlage zur Folge. Die weitere Qualifizierung des Bedienungs-personals ist eine dringende Notwendigkeit auf dem Wege zur Verbesserung der bestehenden Situation.
- Die Hydraulikanlagen in Landmaschinen werden oft nicht ausreichend genug gepflegt und gewartet. Sorgfältig durchgeführte Pflege- und Wartungsarbeiten tragen zur Minderung des Verschleißes wesentlich bei und erhöhen damit die Grenznutzungsdauer. Besondere Bedeutung kommt diesen Arbeiten auch nach Abschluß der Kam-

pagne zu, da während der Abstellzeit erfahrungsgemäß beträchtliche Schäden an Hydraulikbauteilen auftreten können.

Die nachfolgenden Ausführungen verfolgen deshalb das Ziel, das Verständnis um die Vorgänge in Hydraulikanlagen zu fördern, um über eine sachgerechte Bedienung, Wartung und Pflege zu einer geringeren Anzahl von Ausfällen und höheren Grenznutzungsdauerwerten zu kommen.

## 2. Prinzipieller Aufbau einer Hydraulikanlage

Alle derzeitigen Hydraulikanlagen in Landmaschinen arbeiten nach dem Prinzip der Hydrostatik. Dieses sagt aus, daß zur Energieübertragung und -wandlung nur der Druck einer Flüssigkeit ausgenutzt wird und der durch die Strömungsgeschwindigkeit erzeugte Energieanteil vernachlässigbar klein ist. Nach dem hydrodynamischen Prinzip arbeitende Anlagen, bei denen im wesentlichen allein die Strömungsenergie einer Flüssigkeit ausgenutzt wird, sind im Bereich der Landtechnik nicht im Einsatz.

Jede hydrostatische Anlage hat einen einheitlichen Grundaufbau (Bild 1). Die Hydraulikpumpe — angetrieben von einem Diesel- oder Elektromotor — erzeugt den notwendigen Druckölstrom. Dieser überträgt die Energie von der Pumpe über die Steuerelemente und Leitungen zum Hydromotor als Druckölverbraucher. Den Steuerelementen obliegt die Aufgabe, den Druckölstrom den jeweiligen Erfordernissen entsprechend zu den Druckölverbrauchern zu leiten. Die Absicherung der gesamten Hydraulikanlage übernimmt ein Überlastschutz in Form eines Maximaldruckventils. Schließlich gehören noch ein Ölbehälter und ein Filter zur Anlage, in der Rohrleitungen oder flexible Hydraulikschläuche die Verbindung der einzelnen Elemente übernehmen.

## 3. Hydraulikflüssigkeiten

Die Kenntnis der Eigenschaften und das Verhalten von Hydraulikflüssigkeiten ist eine Grundvoraussetzung für den ordnungsgemäßen Betrieb von Hydraulikanlagen. In jeder Anlage hat die Hydraulikflüssigkeit eine mehrfache Funktion auszuüben. Sie ist

- Energieübertragungsmittel
- Schmiermittel und
- Wärmetransportmittel.

Daraus ist zu erkennen, daß an die Flüssigkeiten besondere Anforderungen gestellt werden. Mit der zunehmenden Bedeutung hydraulischer Anlagen schenkte deshalb unsere Industrie auch der Entwicklung geeigneter Hydraulikflüssigkeiten besondere Beachtung. Voll wirksam werden diese Entwicklungsarbeiten jedoch nur dann, wenn der sachgemäßen Anwendung größere Aufmerksamkeit geschenkt wird, da da-

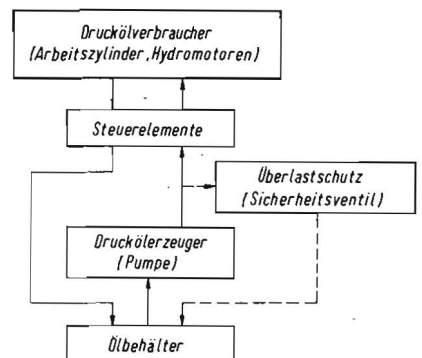


Bild 1  
Prinzipieller Aufbau einer Hydraulikanlage (nach Voigt /4/)

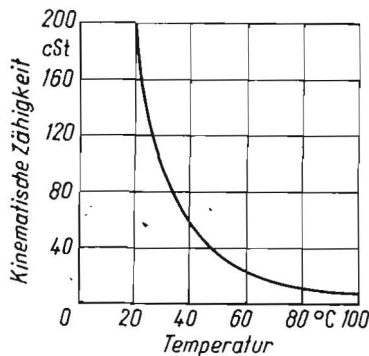


Bild 2. Abhängigkeit der Ölviskosität von der Temperatur

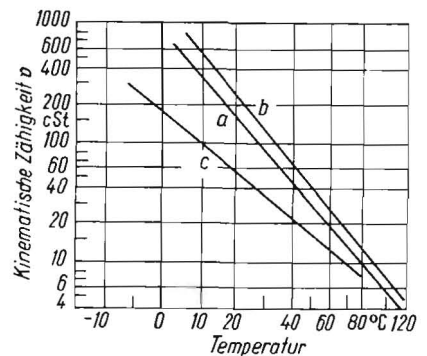


Bild 3. Viskositäts-Temperaturverhalten handelsüblicher Hydrauliköle (nach Voigt)  
 Kurve a: Hydro 36—20  
 Kurve b: Hydro 50—10  
 Kurve c: Hydro 36—5

durch z. B. die größtmögliche Ausnutzung der installierten Leistung, die Zuverlässigkeit der Anlage und die Grenznutzungsdauer sehr wesentlich beeinflusst werden. Durch den Einsatz von ungeeigneten Hydraulikflüssigkeiten sind Schäden in den verschiedenen Bauteilen der Anlage unvermeidbar, deren Behebung sehr kostspielig ist.

Als Druckmittel in Hydraulikanlagen der Landwirtschaft werden heute ausschließlich Mineralöle verwendet. Ausgangsprodukt ist ein paraffinbasiertes Erdöl, aus dem durch ein besonderes Raffinationsverfahren hochalterungsbeständige Hydrauliköle gewonnen werden. Für die Beurteilung der Brauchbarkeit eines Öls müssen die vielfältigen Eigenschaften herangezogen werden, die nachfolgend behandelt werden sollen.

### 3.1. Viskosität (Zähigkeit)

Zwischen den Molekülen des Öls sind Kohäsionskräfte wirksam. Diese Molekularkräfte bedingen, daß zum gegenseitigen Verschieben der einzelnen Elementarteile äußere Kräfte aufgebracht werden müssen. Unter der Viskosität einer Flüssigkeit wird demnach der Widerstand verstanden, der bei gegenseitiger Verschiebung benachbarter Schichten in einer Flüssigkeit auftritt. Demzufolge charakterisiert die Viskosität besonders das Fließverhalten des Öls. Grundsätzlich ist zwischen der dynamischen Viskosität  $\eta$  und der kinematischen Viskosität  $\nu$  zu unterscheiden. Während erstere in der Maßeinheit Poise [P] gemessen wird, gibt man die zweite in der Einheit Stokes [St] an.

Bei allen Hydraulikölen ist die Viskosität stark abhängig von der Temperatur. Wie im Bild 2 zu erkennen ist, fällt die Viskosität mit zunehmender Temperatur stark ab, d. h. das Öl wird dünnflüssiger. Andererseits wird bei niedrigen Temperaturen das Öl so zäh, daß es nur noch sehr schwer fließt. Bild 3 zeigt das Viskositäts-Temperaturverhalten der heute handelsüblichen Hydrauliköle, das sich bei entsprechender Maßstabswahl auf den Koordinaten in Form von Geraden darstellen läßt.

An das Viskositätsverhalten von Hydraulikölen sind folgende Forderungen zu stellen:

- Die Temperaturabhängigkeit soll möglichst klein sein, d. h. sie ist um so günstiger, je flacher die Geraden im Bild 3 verlaufen.
- Das Viskositätsverhalten muß gewährleisten, daß mobile Einrichtungen mit Hydraulikanlagen im Bereich der Öltemperatur von  $-15^\circ\text{C}$  bis  $+70^\circ\text{C}$  störungsfrei betrieben werden können.
- Durch die Verwendung verschiedener viskoser Öle muß man sich den unterschiedlichen Einsatzbedingungen anpassen können.
- Die Ölviskosität darf nicht zu groß sein, da sonst die Verluste durch die innere Reibung zu weit anwachsen und in extremen Fällen dazu führen können, daß die Pumpe kein Öl mehr ansaugt und somit auch nicht mehr geschmiert wird. Eine hohe Ölviskosität verursacht infolge der erhöhten inneren und äußeren Reibung eine starke Erwärmung des Öls und der Hydraulikbauelemente, die mit der Betriebsdauer ständig zunimmt.

— Zu geringe Ölviskosität führt zu erhöhten inneren und äußeren Leckverlusten in der Anlage und vermehrt auch den Verschleiß der sich gegeneinander bewegenden Teile.

Die heute von der Mineralölindustrie angebotenen Hydrauliköle erfüllen im wesentlichen diese Forderungen.

### 3.2. Alterungsbeständigkeit

Die Nutzungsdauer von Hydrauliköl wird besonders durch das Alterungsverhalten bestimmt. Hier ist zwischen wesenseigener und wesensfremder Ualterung zu unterscheiden.

Die wesenseigene Ualterung erfolgt durch den Einfluß des Luftsauerstoffs und die durch die Betriebsbedingungen auftretende Erwärmung des Öls. Sie wird gefördert durch die katalytische Wirkung einiger Metalle, besonders des Kupfers und seiner Verbindungen. Das Anlagern von Sauerstoff an die Ölmoleküle führt zur Bildung größerer Molekülkomplexe, die sich aus dem Öl abscheiden können. Es entstehen harzartige, schmierseifenähnliche, zähe Stoffe, die das Klemmen von Steuer- und Regelgeräten verursachen können. Diese Alterungsprodukte setzen sich als Schlamm im Ölbehälter ab und sind dort feststellbar. Durch Zugabe von Oxydationsinhibitoren zum Öl kann die wesenseigene Alterung herabgesetzt werden.

Das Verschmutzen des Öls durch Fremdstoffe, wie Staub, Metallteilchen und Wasser, wird als wesensfremde Alterung bezeichnet. Ein Teil dieser Fremdstoffe kann die wesenseigene Ualterung besonders fördern. Daraus leitet sich u. a. die Notwendigkeit der einwandfreien Filterung des Öls und der Abdichtung der Anlage ab. Sobald Alterungsprodukte in den Ölkreislauf gelangen, wirken sie infolge der schmirgelnden Wirkung besonders verschleißfördernd und reduzieren damit die Grenznutzungsdauer der Bauelemente.

Der Alterungsvorgang kann durch folgende Maßnahmen gebremst werden:

- absolute Dichtigkeit der Anlage; damit wird das Eindringen von Luft in den Ölkreislauf wesentlich reduziert
- Vermeiden von Öltemperaturen von über  $70^\circ\text{C}$ , da bei höheren Temperaturen die Alterungsvorgänge beschleunigt ablaufen
- einwandfreie Filterung des Öls.

### 3.3. Luft im Öl, Luftlösevermögen

Im Hydrauliköl kann Luft entweder in gelöster Form oder als sogenannte freie Luft vorkommen. Während Luft in gelöster Form die physikalischen Eigenschaften des Öls nicht verändert und darum nicht stört, ist freie Luft, deren Vorhandensein durch Luftbläschen erkennbar ist, als schädlich zu bezeichnen.

Das Luftlösevermögen von Hydrauliköl ist begrenzt. Wird die maximal lösbare Luftmenge, d. h. der Sättigungszustand erreicht, so wird die überschüssige Luft in Form kleiner Luftblasen abgeschieden. Das Luftlösevermögen ist von der Temperatur und dem Druck abhängig. Mit zunehmender Temperatur verringert es sich ebenso wie mit abnehmendem Druck. Deshalb kommt es häufig an Stellen niedrigen Drucks

Tafel 1. Eigenschaften handelsüblicher Hydrauliköle (nach Möller /2/)

Bezeichnung	Hydro 20/75-40	Hydro 36-5	Hydro 36-20	Hydro 50-10
TGL	17 542 Bl. 2		17 542 Bl. 1	
Produzent	VEB Mineralölwerk Lützkendorf	VEB Mineralölwerk Lützkendorf nur noch in Sonderfällen	VEB Mineralölwerk Lützkendorf	VEB Mineralölwerk Lützkendorf
Analytische Daten			0,910	
Dichte $\rho_{20}$	max. g/ml 0,890			
Viskosität $\nu_{50}$	cSt 18 $\pm$ 2		36 $\pm$ 4	49 $\pm$ 5
	$\nu_{20}$ cSt 75		150...220 <sup>1</sup>	280...350 <sup>1</sup>
Flammpunkt	min. °C 160		185	
Stockpunkt	max. °C -40		-20	-10
Harze	max. % 0,3		0,5	0,6
Oxidasche	max. % 0,01		0,01	
NZ	max. mg/g KOH 0,05		0,05	
VZ	max. mg/g KOH 0,15		0,15	

<sup>1</sup> nur Richtwerte

zur Entgasung der Flüssigkeit, wobei sich Luftbläschen aus dem Öl abscheiden und freie Luft entsteht.

Freie Luft, die auch durch Undichtigkeiten besonders in der Saugleitung in den Ölkreislauf gelangen kann, wirkt sich sehr störend aus und führt zu folgenden Mängeln:

- Da Luft wesentlich stärker kompressibel ist als Öl, kommt es beim Vorhandensein freier Luft im Öl zu sehr ungleichmäßiger Bewegung der hydraulisch betätigten Maschinenteile. Es treten Schwingungen und starke Schaltverzögerungen auf.
- Die Luft wird während des Verdichtens sehr stark erwärmt. Demzufolge erhöht sich auch die Temperatur des Öls erheblich, wodurch die Öl oxydation gefördert wird. Die eingeschlossene Luft beschleunigt also die Ölalterung und führt damit zum raschen Unbrauchbarwerden des Öls.
- Die eingeschlossene Luft ist häufig die Ursache für eine starke Geräusentwicklung in den Pumpen und Arbeitsorganen.

Das Eindringen freier Luft in die Hydraulikanlage kann — abgesehen von konstruktiven Maßnahmen — auch durch den Betreiber verringert bzw. vermieden werden, wenn

- die Saugleitung der Pumpe frei von zusätzlichen Widerständen gehalten wird, so daß sie einwandfrei ansaugen kann
- saugseitig einwandfreie Dichtheit aller Elemente gewährleistet ist
- der Ölbehälter die normale Füllung aufweist, so daß einerseits keine Luft angesaugt wird und andererseits sich das zurückströmende Öl beruhigen kann und mitgerissene Luftbläschen Zeit finden, zur Oberfläche des Ölspiegels aufzusteigen
- nach längerer Stillstandszeit an den höchstgelegenen Stellen der Hydraulikanlage entlüftet wird oder zumindest kurzzeitig die Anlage ohne Belastung mit höchster Drehzahl betrieben wird, so daß durch die hohen Strömungsgeschwindigkeiten des Öls angesammelte Luft mitgerissen und damit aus dem Hydrauliksystem hinaus gefördert wird.

### 3.4. Wasserabscheidevermögen

Das Eindringen von Wasser in die Hydraulikanlage kann sowohl auf Undichtigkeiten als auch auf die Kondensation feuchter Luft vor allem im Ölbehälter zurückgeführt werden. Wasser und Öl bilden bei der Mischung eine Emulsion. Wasser im Öl führt zur Korrosion der benetzten Metallteile. Wegen der Verringerung der Viskosität der Emulsion beeinflusst Wasser auch negativ die Größe der Leckverluste und die Schmiereigenschaften des Druckmittels. Der Gehalt an Wasser ist durch die zunehmend hellbraune Färbung des Öls erkennbar.

### 3.5. Kompressibilität

Hydrauliköle sind zusammendrückbar. Diese Kompressibilität ist besonders bei den heute angewandten hohen Drücken spürbar, stört aber im allgemeinen den Betrieb hydraulischer Anlagen in landwirtschaftlichen Maschinen nicht. Zu einer Erhöhung der Kompressibilität kommt es, wenn freie Luft im Öl enthalten ist. Das Kompressibilitätsverhalten des Öls wird erst dann zu beachten sein, wenn die Bewegung des Arbeitsorgans mit hoher Genauigkeit ablaufen soll.

### 3.6. Schaumbildung

Hydrauliköl darf auf keinen Fall schäumen, da sonst die Gefahr des Ansaugens der im Ölschaum enthaltenen Luft besteht. Ölschaum muß sich an der Oberfläche des Ölbehälters schnell auflösen. Voraussetzung dafür ist eine geringe Oberflächenspannung des Öls, auf die im Herstellungsprozeß besonders geachtet wird. Ursachen der Schaumbildung können z. B. undichte Saugleitungen und nicht unter der Flüssigkeitsoberfläche mündende Rücklaufleitungen sein.

### 3.7. Eigenschaften handelsüblicher Hydrauliköle

Die Mineralölindustrie der DDR bietet für die unterschiedlichsten Einsatzverhältnisse verschiedene Hydrauliköle an. Deren wichtigste Eigenschaften sind in Tafel 1 zusammengestellt.

### 3.8. Hinweise für den Praktiker

Da das Hydrauliköl sehr wesentlich die Grenznutzungsdauer von Hydraulikanlagen beeinflusst, läßt sich diese bei Beachtung folgender Hinweise beträchtlich steigern:

- Die Anlagen sind nur mit dem vom Hersteller vorgeschriebenen Hydrauliköl zu betreiben.
- Sauberkeit bei Pflege- und Wartungsmaßnahmen ist eine notwendige Voraussetzung zur Senkung des Verschleißes.
- Hydraulikanlagen dürfen nur im Temperaturbereich des Öls von etwa  $-15^{\circ}\text{C}$  bis  $+70^{\circ}\text{C}$  betrieben werden.
- Die Vermischung von Hydraulikölen unterschiedlicher Sorten, wie es z. B. beim Benutzen verschiedener hydraulischer Kippanhänger hinter verschiedenen Traktortypen vorkommen kann, sollte vermieden werden, da nicht alle Öle mischbar sind.
- In jeder Hydraulikanlage ist wegen der Ölalterung jährlich einmal das Öl zu wechseln. Dabei ist die Anlage — besonders Ölbehälter und Filter — gründlich zu reinigen und danach mit Spülöl zu spülen.

### Literatur

- 1/ Voigt, J.: Grundlagen der Hydraulik. Berlin: VEB Verlag Technik 1972.
- 2/ Müller, P.: Hydraulikflüssigkeiten und Probleme ihrer praktischen Anwendung. Technischer Informationsdienst Orsta-Hydraulik 6 (1967), H. 3.

(Fortsetzung folgt)

A 9441/I