

Christine Schütt, Braunschweig, Johannes Landwehr, Hamburg, und Matthias Lemke, Erlangen

# Umweltverhalten von Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen

*Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen (NR) sind biologisch leichter abbaubar und ökotoxikologisch weniger bedenklich als Mineralöle. Allerdings finden ökologische Vorteile bis heute keinen Niederschlag in verringerten Haftpflichtversicherungsprämien oder in angepassten Auflagen im Schadensfall. Um die Akzeptanz der Hydraulikflüssigkeiten aus NR zu erhöhen, besteht dringender Forschungsbedarf, welche angepassten Maßnahmen bei einem Ölunfall zu treffen sind. Über erste Ergebnisse zum Umweltverhalten von Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu Mineralölen gegeben werden. Für das Ausbreitungsverhalten werden Versuche in Lysimetern mit verschiedenen Bodenarten (gewachsenen Böden und künstlichen Schüttungen), verschiedenen Ölmengen, unterschiedlichen Bodenfeuchtigkeiten und verschiedenen Öltemperaturen durchgeführt. Einge-*

Dipl.-Ing. (FH) Christine Schütt ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Technologie und Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; e-mail: christine.schuett@fal.de

Dipl.-Chem. Johannes Landwehr ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg.

Dr. Matthias Lemke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg. Die Autoren danken der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. für die finanzielle Förderung.

## Schlüsselwörter

Nachwachsende Rohstoffe, biologisch schnell abbaubare Öle, Risikoabschätzung bei Ölunfällen

## Keywords

Renewable raw materials, rapidly degradable oil, risk estimate of oil disaster

In einem Verbundforschungsprojekt wird neben Toxizität und Abbaubarkeit vertieft das Ausbreitungsverhalten von biogenen Hydraulikflüssigkeiten im Boden und auf Bodenoberflächen untersucht. Die Arbeiten befassen sich nicht allein mit dem Vergleich von Bioölen und Mineralölen, sondern beziehen auch definiert gealterte Hydrauliköle mit ein. Weiterhin wird betrachtet, welche Messtechniken zur Beurteilung eines Ölschadens im Boden geeignet sind und inwieweit Risikomodelle bei Ölunfällen Abschätzungen hinsichtlich notwendiger Sanierungsmaßnahmen geben.

Nachdem in einem ersten Beitrag (Landtechnik 5/99, S. 296-297) die Messtechniken

zur Beurteilung von Ölen im Boden vorgestellt wurden, sollen hier erste Ergebnisse hinsichtlich des Umweltverhaltens von Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu Mineralölen gegeben werden. Für das Ausbreitungsverhalten werden Versuche in Lysimetern mit verschiedenen Bodenarten (gewachsenen Böden und künstlichen Schüttungen), verschiedenen Ölmengen, unterschiedlichen Bodenfeuchtigkeiten und verschiedenen Öltemperaturen durchgeführt. Einge-

setzt werden handelsübliche Hydraulikflüssigkeiten sowie Kraft- und Schmierstoffe auf Triglyceridbasis (HETG – Öle) und Esterbasis (HEES – Öle). Besondere Kriterien für die Auswahl der zu untersuchenden biologisch schnell abbaubaren Hydraulikflüssigkeiten waren im Besonderen die Viskosität, die Oxidationsstabilität, die Einsatztemperaturen in Traktoren und Landmaschinen und die biologische Abbaubarkeit nach dem CEC L-33-A-94-Test. Im Projekt werden sowohl frische als auch im hydraulischen Prüfstand definiert gealterte Öle betrachtet. Die Änderungen physikalisch-chemischer Kenngrößen und Elementgehalte der Hydrauliköle sowie die Temperatur- und

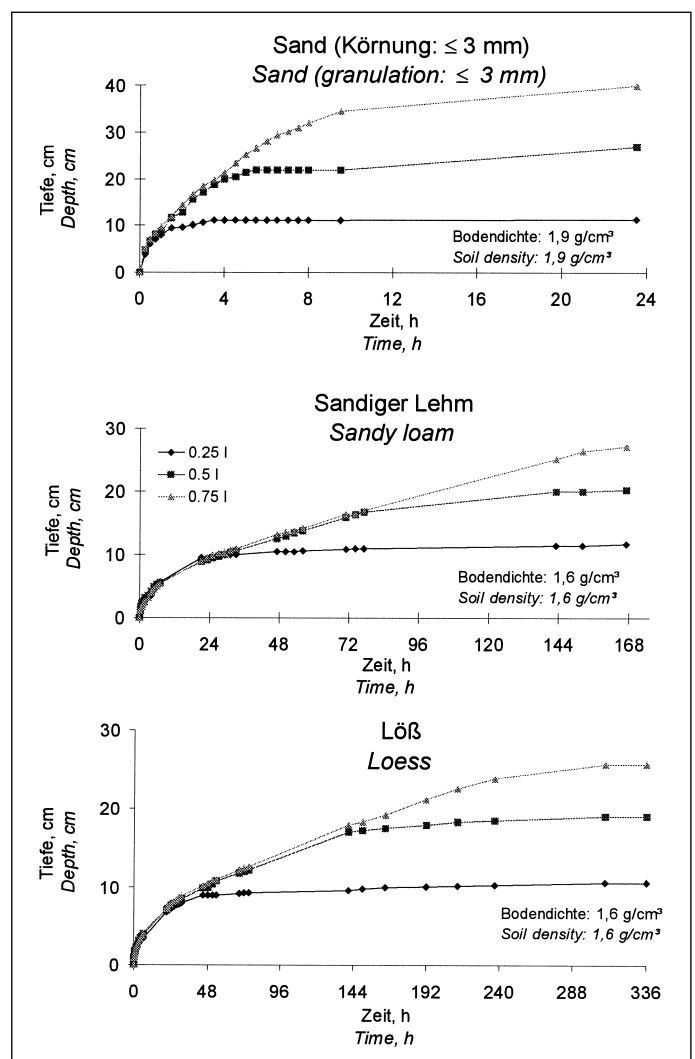


Bild 1: Eindringverhalten einer biologisch schnell abbaubaren Hydraulikflüssigkeit im Boden

Fig. 1: Penetration of a rapidly degradable hydraulic fluid into a soil

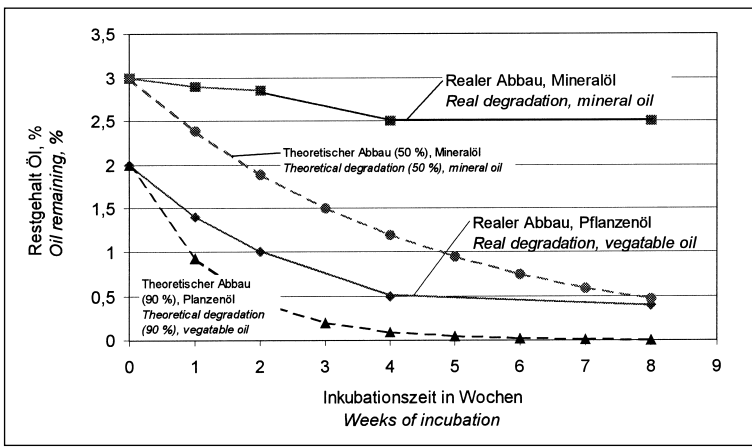


Bild 2: Biologischer Abbau von Mineralöl und Pflanzenöl

Fig. 2: Biological degradation of mineral oil and vegetable oil

Druckbelastung der Öle geben Auskunft über die Gebrauchseigenschaften der Öle. Es konnte gezeigt werden, dass diese geänderten Kenngrößen im Schadensfall nur einen kleinen Einfluss auf das Eindringverhalten der Öle im Boden haben.

### Umweltverhalten der Öle im Boden

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Bodenmatrix haben auf die Beurteilung eines Ölschadens den größten Einfluss. Das *Ausbreitungsverhalten* der Öle im Boden wird sehr stark durch die Art des Bodens (Parameter wie Bodenfeuchte, Porosität, Dichte, hydraulische Leitfähigkeit) bestimmt. Neben der Bodenart ist die Ölmenge im Schadensfall entscheidend, weniger die Art des Öles (Viskosität, Alterung). Bild 1 zeigt beispielhaft die vertikale Ausbreitung nach Ölunfällen mit schlagartigem Ölaustritt eines HETG-Öls anhand ausgewählter Bodenarten mit verschiedenen Belastungsstufen. Die gewählten Belastungsstufen von 0,25 l, 0,5 l und 0,75 l entsprechen im Schadensfall einer Ölmenge von 28,9 l/m<sup>2</sup>, 57,7 l/m<sup>2</sup> und 86,6 l/m<sup>2</sup>. Die vorliegenden Ergebnisse liefern erste Ansätze, um daraus Gesetzmäßigkeiten wie die Versickerungsgeschwindigkeit und Versickerungstiefe abzuleiten. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Versickerungsgeschwindigkeit mit fortschreitendem Versickerungsweg abnimmt. Ferner ergibt sich eine lineare Abhängigkeit der erreichten Eindringtiefe von der Ölmenge. Auch zeigt sich der enorme Unterschied in der Versickerungsgeschwindigkeit zwischen sorptionsschwachen und sorptionsstarken Böden. Der Einfluss des Bodens auf das Verlagerungsverhalten ist außer durch Sorption und Bindung auch durch die Bodenfeuchte und damit durch die zu verdrängende Wassermenge gegeben. In feuchten Böden verläuft die Ausbreitung deutlich langsamer.

Für die Messung des *Abbauverhaltens* werden im Allgemeinen die von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) entwickelten Verfahren – OECD-Guidelines – sowie die von der Kommission für Kooperation in Umweltfragen (CEC) definierten CEC-Abbau-

tests verwendet. Die Problematik dieser Prüfverfahren liegt darin, dass bei keiner der genormten Prüfbedingungen die Bedingungen im Boden oder der real vorliegende Alterungszustand der zu prüfenden Hydraulikflüssigkeiten exakt reproduziert werden können. In einem gesonderten Forschungsvorhaben wird deshalb die biologische Abbaubarkeit der Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu Mineralöl unter realen Verhältnissen im Boden untersucht. Bild 2 zeigt die gemessenen Verläufe des biologischen Abbaus eines Mineralöls im Vergleich zu Pflanzenöl im Boden und die theoretisch berechneten Abbaukurven ausgewählter Ölformulierungen. Nach dem CEC L-33-A-94-Test wurden für die ausgewählten HETG- und HEES-Öle biologische Abbaugrade von rund 90% für frische und gebrauchte Öle nach 21 Tagen gemessen. Für die Mineralöle wurden Abbaugrade um die 50% festgestellt. Man erkennt, dass die tatsächliche biologische Abbaurrate im Boden insbesondere bei Mineralölen deutlich niedriger anzusetzen ist als nach dem genormten Verfahren. Unter realen Verhältnissen sind biogene Öle hinsichtlich der Abbaubarkeit völlig anders zu beurteilen als Mineralöle.

Zur Abschätzung des *aquatischen Gefährdungspotenzials* der Hydraulikflüssigkeiten werden organische Testverfahren mit Einzelspezies, im Besonderen: Leuchtbakterien (*Vibrio fischeri*), Fla-

gellaten (*Euglena gracilis*) und Gartenkresse (*Lepidium sativum*), durchgeführt. Zur Beurteilung der *Pflanzentoxizität* dient das Wachstum von Gartenkresse in ölbelasteten Böden. In Bild 3 ist beispielhaft die mittlere Frischmasse der oberirdischen Sprosssteile der Kresse in Abhängigkeit von der Schadstoffbelastung des HETG-Öls im Vergleich zur mineralölbasierten Hydraulikflüssigkeit im Boden dargestellt. Bei diesem biologischen Prüfsystem liefert das reduzierte Wachstum der Kressenpflanzen den Hinweis auf Phytotoxizität. Nach diesem Ergebnis liegt bei einer Schadstoffbelastung von 5 bis 50 g Öl/kg Boden eine Pflanzentoxizität sowohl für das Mineralöl als auch für das HETG-Öl vor. Jedoch ist bei hohen Ölbelastungen die Toxizität von Mineralölen deutlich stärker als bei biogenen Ölen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Entscheidend für das Umweltverhalten der untersuchten Öle sind deren Ausbreitungsverhalten, Abbaubarkeit und Toxizität. Für das Ausbreitungsverhalten ergeben sich nur geringe Unterschiede zwischen Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen und Mineralölen. Hier sind die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens wie Feuchte, Dichte und hydraulische Leitfähigkeit entscheidend. Die praktischen Auswirkungen der Parameter gealterter Hydrauliköle wie erhöhte Neutralisationszahl und geänderte kinematische Viskosität sind von untergeordneter Bedeutung für das Ausbreitungsverhalten.

Aus den bisherigen Untersuchungen ergeben sich deutliche Hinweise für eine geringere Umweltbelastung von Hydraulikflüssigkeiten aus nachwachsenden Rohstoffen hinsichtlich Abbaubarkeit und Toxizität. Damit sind verlässlichere Aussagen über die Risikoabschätzung bei Ölunfällen im Boden und Wasser möglich.

Bild 3: Auswirkungen unterschiedlicher Ölbelastungen auf das Pflanzenwachstum (Vergleich rapsölbasierte Hydraulikflüssigkeit / Mineralöl)

Fig. 3: Effects of different oil contaminations on plant growth (comparison rape seed and mineral oil based hydraulic fluid)

