

vor geringeren Erträgen, Unkrautprobleme, Anforderungen an das Management und unzureichende Kostenanalyse genannt. Mit jeweils 40 % sind unzureichende wissenschaftliche Ergebnisse und mangelnde Drilltechnik als Gegenargumente vertreten. Geringere Bedeutung (32 bis 23 %) haben das Ansehen durch Nachbarn, der Krankheitsbefall und die Einstellung des Verpächters.

Die Experten sehen dagegen die Gründe bei den Landwirten für die relativ geringe Akzeptanz der Direktsaatanwendung vorrangig (93 %) in der Angst vor geringeren Erträgen (siehe Ertragseinschätzung der Experten). Des Weiteren mit jeweils 88 % in der Tradition und unzureichenden Kenntnissen wie mit 85 % in der geringen Risikobereitschaft von Landwirten begründet. Dann folgen Gründe wie unzureichende Produktionskostenanalyse (76 % der Nennungen) und hohe Anschaffungskosten (73 %). Im Mittelfeld rangieren unzureichende Technik (68 %), unzureichende wissenschaftliche Ergebnisse (65 %) und mangelnde ökonomische Notwendigkeit (62 %).

Aus den Antworten der Experten aus Nebraska ergibt sich in der Motivationsstruktur eine etwas andere Gewichtung. Zwar werden auch hier vorrangig Tradition, Angst vor Ertragseinbußen, geringe Risikobereitschaft und hohe Maschinenanschaffungskosten mit einer durchschnittlichen Nennhäufigkeit von 72 % angeführt, danach folgen bereits

im Mittelfeld der Nennungen das Ansehen durch den Nachbarn (67 %) und die Akzeptanz seitens des Verpächters (56 %). Mit einem Anteil von jeweils 44 % werden als Gründe keine ökonomische Notwendigkeit und mangelnde Analyse der Produktionskosten genannt. Unzureichende wissenschaftliche Ergebnisse und unzureichende Technik als Motiv für die relativ geringe Akzeptanz spielt im Vergleich zur Meinung der EU-Experten (68 %) mit einer Nennhäufigkeit von 33 % und 22 % kaum eine Rolle.

#### Auswirkungen der Direktsaat

Auf die abschließende Befragung, welche langfristige Auswirkung die Anwendung des Direktsaatverfahrens auf das Betriebseinkommen hat (Bild 2), beurteilen dies 49,5 % der befragten Direktsaatanwender in der EU mit einer Zunahme, 36 % sehen dies auf gleichem Niveau und nur 6,3 % sind der Meinung, dass dieses im Vergleich zu konventioneller Bodenbearbeitung abnimmt. Die Berufskollegen aus Nebraska, die auf eine deutlich längere Erfahrung zurückgreifen können, beurteilen den Einfluss der Direktsaatanwendung auf das Betriebseinkommen hingegen deutlich optimistischer, denn 83 % der Befragten geben ein höheres und 17 % ein gleich hohes Betriebseinkommen an.

Die Befragung der Experten, die ihrerseits 34 % der Ackerfläche in Europa, mithin etwa

23 Mio. ha, für die Anwendung der Direktsaat als geeignet einschätzen (USA-NE 75 % der AF = 6 Mio. ha) (Tab. 2), ob Landwirte vermehrt das Direktsaatverfahren nutzen würden, sofern eine gezielte Beratung der Landwirte, größere Verfügbarkeit an wissenschaftlichen Ergebnissen, Subventionen und/oder geeignete Herbizide vorhanden wären, wird dies im Durchschnitt der genannten Prämissen von 23 % der Befragten verneint. 72 % der 176 EU-Experten und 87 % der 50 NE-Experten sind dagegen der Meinung, dass bei einer derartigen Verfügbarkeit, wie vor allem im Bereich der Beratung, die Anwendung des Direktsaatverfahrens in der Landwirtschaft zunehmen wird.

#### Literatur

- [1] Tebrügge, F. und A. Böhmssen: Experience with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West-European Countries. Proceedings of the EC-Workshop I, II, III, IV, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck Giessen ISBN-Nr.: 3-930600-16-1 (1994); 3-930600-46-3 (1995); 3-930600-69-2 (1996); 3-930600-95-1 (1997)
- [2] Tebrügge, F. und A. Böhmssen: Final Report of Concerted Action No AIR 3 CT 93-1464, Review Papers, Summaries & Conclusions, Fachverlag Köhler Gießen, 1998, ISBN-Nr.: 3-922306-30-6
- [3] CD-ROM-NO-TILL Databank: Experience with the Applicability of No-tillage Crop Production in the West European Countries. Institut für Landtechnik, Braugasse 7, 35390 Giessen, Germany, 1998

Bernhard A. Widmann, Freising

# Technische Eignung von naturbelassenen Pflanzenölen als Betontrennmittel

Dr. Bernhard Widmann ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; email: widmann@tec.agrar.tu-muenchen.de  
Das Vorhaben wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen finanziert.

#### Schlüsselwörter

Pflanzenöl, Betontrennmittel, Trennwirkung

#### Keywords

Vegetable oil, concrete parting agent, parting effect, water absorption

*Mit unadditiviertem kaltgepresstem Rapsöl lassen sich ähnlich gute Betoneigenschaften erzielen wie mit konventionellen Trennmitteln auf Mineralölbasis. Dies gilt vor allem bei der Verwendung nicht saugender Schalung. Wesentliche Voraussetzung hierfür jedoch ist die Aufbringung eines möglichst dünnen und gleichmäßigen Trennfilms auf der Schalhaut, um Fehler*

*auf der Betonoberfläche zu vermeiden. Als geeignetes Verfahren hat sich die Verwendung einer Airmixanlage erwiesen, die jedoch eher bei der Herstellung von Fertigbetonteilen in Produktionshallen mit Strom- und Druckluftversorgung als auf Baustellen einsetzbar ist. Ein besonderer Vorteil ergibt sich hierbei hinsichtlich des stark verbesserten Anwenderschutzes.*

Bei der technischen Verwendung von Betriebs- und Hilfsstoffen stellen neben den Verlustschmierstoffen, wie zum Beispiel Sägekettenöle, die Betontrennmittel mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 15000 t ein sehr großes Potential dar. Ein überwiegender Teil dieser Trennmittel gelangt direkt in den Umweltkreislauf. Vorrangig werden Betontrennmittel auf Mineralölbasis verwendet. Diese meist lösemittelhaltigen Produkte wirken sich negativ auf den Menschen und die Umwelt aus. Trennmittel auf Pflanzenölbasis, vor allem unadditivierte Pflanzenöle, bieten bei vorausgesetzter technischer Eignung ein höchstes Maß an Umwelt- und Anwenderschutz. Dabei sind ebenso kaltgepresste Öle aus dezentralen Anlagen denkbar, deren Produktion der Umweltschonung und der Steigerung der Wertschöpfung in der Landwirtschaft dient. In der Praxis konnten bereits erste erfolgversprechende Erfahrungen mit Betontrennmitteln aus nativen Pflanzenölen gemacht werden. Gezielte Untersuchungen, um exakte Aussagen über eine erfolgreiche Anwendung naturbelassener, kaltgepresster Öle treffen zu können, wurden bislang jedoch nicht durchgeführt.

Ziel war es deshalb, die technische Eignung unadditiverter Pflanzenöle zu überprüfen. Dabei sollte das Applikationsverhalten des Pflanzenöles untersucht und ein geeignetes Verfahren zur Aufbringung des Trennfilmes entwickelt werden. Ein weiterer Schwerpunkt war die Eignungsprüfung durch Herstellung und Untersuchung von Beton-Probewürfeln nach normierten Prüfverfahren. Begleitend sollten in einem Feldversuch die unadditivierten Pflanzenöle eingesetzt werden.

## Applikation

Im Labor wurden Untersuchungen zur Applikation von Rapsöl mit verschiedenen Spritz- und Sprüheinrichtungen durchgeführt. Eingesetzt wurden einfache Sprühergeräte („Kübel-spritzen“), Kompressorspritzen, eine Airless-Anlage und eine Airmix-Spritzanlage (hoher Flüssigkeitsdruck, unterstützt durch Luftindüsung). Nach Vorversuchen stand die Airmix-Anlage im Vordergrund der Untersuchungen. Mit einer Automatik-Sprühpistole an einem präzisionsgeführten Schiebescchlitten wurden Flüssigkeitsdurchsatz, Querverteilung und Trennfilmdicke mit verschiedenen Düsen, Sprühabständen, Flüssigkeits- und Zerstäuberluftdrücken bei einer Vortriebsgeschwindigkeit von 0,5 m/s untersucht. Vergleichend dazu wurden Versuche mit einer handgeführten Sprühpistole bei 0,5 und 1,0 m/s durchgeführt.

Durch spezielle Eignungsprüfungen wurde anhand normierter Verfahren die Taug-

lichkeit von kaltgepresstem unadditiviertem Rapsöl als Trennmittel untersucht. Das Merkblatt „Trennmittel für Beton, Teil B: Prüfungen“ des Deutschen Beton-Vereins e. V., die Prüfnormen DIN 1048, EN 196-1 sowie das Heft 422 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton DAfStb und der Untersuchungsbericht „Report 3: Wirkung von Trennmittel auf die Betonrandzone“ vom Verein Deutscher Betoningenieure sind dafür Grundlage.

## Probekörper

Zur Herstellung der Probekörper wurden genormte Stahlformen (DIN 51 229) mit den Innenmaßen 15•15•15 cm verwendet. In diese Form wurden zwei Elemente aus saugender Holzschalung so eingebracht, dass sie rechtwinklig zueinander benachbarte Seitenflächen in der Schalform bildeten. Somit ergaben sich jeweils zwei gegenüberliegende Winkel aus nicht saugender Stahl- und saugender Holzschalung. Als Trennmittel kamen kaltgepresstes Rapsöl und ein handelsübliches konventionelles Produkt auf Mineralölbasis zum Einsatz. Die Aufbringung des Trennfilmes erfolgte für Rapsöl mit der Airmix-Anlage Kremlin FLOWMAX 14.10 mit der Handpistole MX mit einer aus den Applikationsversuchen abgeleiteten Einstellung, um einen möglichst dünnen Trennfilm zu erzeugen. Das Mineralölprodukt wurde mit einem Lappen aufgebracht (Stahlschalung: Wischen, Holzschalung: Tupfen).

Für die Untersuchungen an Probekörpern wurden das eingesetzte Schalmaterial, das Trennmittel und dessen Auftragsmenge sowie zum Teil das Alter des Trennfilmes variiert (Bild 1). Bei Rapsöl wurden für die geringe Auftragsmenge (Dosis I) auf Stahl ein Sprühvorgang und auf Holz zwei Sprühvor-

gänge mit Trennmittel durchgeführt. Bei Dosis II wurde die jeweils dreifache Menge durch wiederholtes Sprühen (3 und 6 mal) aufgebracht. Bei Rapsöl mit der Dosis I wurde zusätzlich eine Variante mit 24-stündiger Alterung des Trennfilmes zur Ermittlung der Wirksamkeitsdauer durchgeführt. Als Vergleich wurde mit dem Mineralölprodukt je eine Dosierung auf Holz und Stahl mit untersucht. Geprüft wurden das Ausschalverhalten, das Erscheinungsbild von Betonoberfläche und Schalung (farbliche Erscheinung, Porosität, Abmehlneigung der Betonoberfläche, Vorhandensein von Rückständen auf Betonoberfläche und Schalung sowie Versehrtheit, Benetzbarkeit), die Trennwirkung nach 24 Stunden, die Oberflächenzugfestigkeit nach 28 Tagen, der Haftverbund (28 + 28 Tage) sowie das Wasseraufnahmevermögen nach 21 Tagen.

Die Untersuchungen erfolgten im akkreditierten Prüflabor der Firma BAUTEST, Augsburg, in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan.

Zur Prüfung der Trennwirkung werden nach einem genormten Verfahren Prüfkörper unter Verwendung des zu prüfenden Trennmittels auf das Schalmaterial betoniert und nach einer 24-stündigen Lagerung mit einem Abzugsgertät von der Schalung abgehoben. Als Maß für die Trennwirkung wird die Abreißfestigkeit in N/mm<sup>2</sup> angegeben. Die Oberflächenzugfestigkeit wurde über den Haftzugversuch nach DIN 1048, Teil 2 bestimmt. Dabei wird ein Prüfstempel auf die Betonoberfläche geklebt und im Prüfaller von 28 Tagen die Kraft bis zum Abreißen des Stempels oder zum Auftreten eines Bruchs der Betonoberfläche ermittelt (N/mm<sup>2</sup>). Zur Prüfung des Haftverbundes zwischen der Betonoberfläche und eines später aufge-

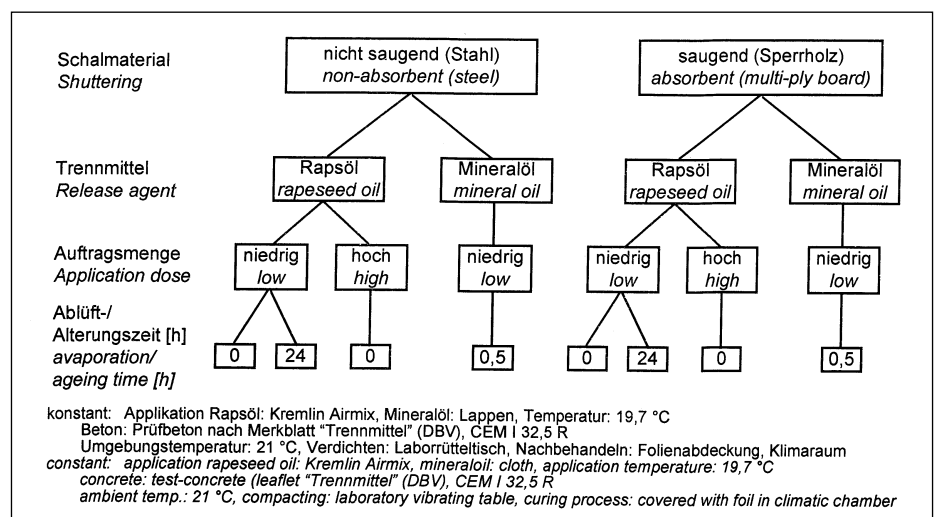


Bild 1: Versuchsvarianten bei der Herstellung von Beton-Probekörpern

Fig. 1: Experimental variants for producing concrete sample cubes

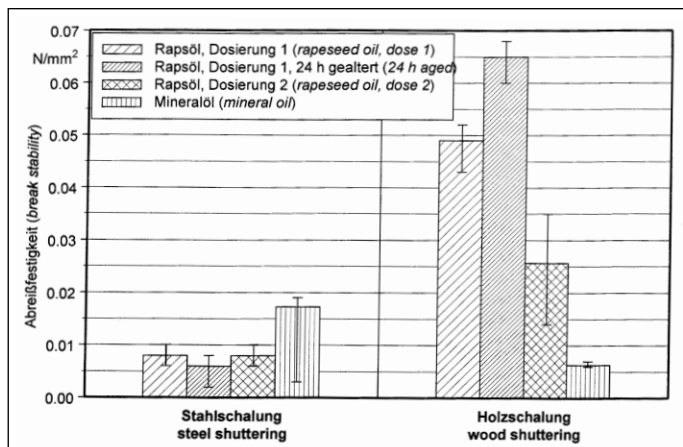


Bild 2: Trennwirkung von naturbelassenem Rapsöl im Vergleich zu einem konventionellen Trennmittel (n=3)

Fig. 2: Releasing effects of natural rapeseed oil and a conventional parting agent (n=3)

brachten Putzes wird nach Erreichen eines Betonalters von 28 Tagen ein Normmörtel in einer Scheibenform auf den Prüfkörper eingebaut. Nach weiteren 28 Tagen wird, wie bei der Prüfung der Trennwirkung, die Mörtelscheibe mit einem Abzugsgerät abgehoben. Die Prüfung auf Wasseraufnahme wird mit dem Wassereindringprüfer nach Dr.-Ing. Karsten durchgeführt. Dieser wird wasserdicht auf die Betonoberfläche gekittet und mit Wasser gefüllt. In regelmäßigen Zeitabständen wird die in die Betonoberfläche eingedrungene Wassermenge abgelesen.

### Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Betonarbeiten in ersten Praxistests hatten ergeben, dass bei der Anwendung von Rapsöl als Trennmittel ein möglichst dünner Trennfilm aufgebracht werden muss, um Poren in der Betonoberfläche zu vermeiden. Die Untersuchungen zum Applikationsverhalten von Pflanzenölen haben gezeigt, dass mit einfachen Sprühgeräten, etwa Kübelspritzen oder Lackierpistolen für Kompressoren diese Anforderung eines besonders dünnen Trennfilmes beim Auftrag von Pflanzenölen aufgrund ihrer hohen Viskosität nicht erfüllt werden kann. Eine feine Zerstäubung ist daher mit geringen Flüssigkeitsdrücken (<10 bar) nicht möglich.

Als geeignet hat sich vor allem die Air-mix-Anlage erwiesen. Damit ist es möglich, mit mittlerem Flüssigkeitsdruck (20 bar) und mit einstellbarer Luftunterstützung bei nur geringer Nebelbildung eine gleichmäßige dünne Trennmittelschicht auf die Schalung aufzubringen. Dabei sind Schichtdicken von etwa 10 µm möglich, die sich für eine gute Betonqualität als günstig erwiesen haben. Diese Applikationstechnik kann allerdings derzeit nicht ohne weiteres auf Baustellen eingesetzt werden, da hierzu Strom und Druckluft nötig sind. Für den Einsatz in Betonfertigteil-Werken sind diese Geräte jedoch durchaus geeignet. Hier ist auch der zusätzliche Vorteil eines erhöhten Anwenderschutzes gegeben.

### Beim Entschalen

der Probekörperseiten, die mit Stahlschalung gefertigt wurden, konnten keine Unterschiede zwischen dem konventionellen Trennmittel und dem unadditvierten Rapsöl festgestellt werden. Bei der Holzschalung musste beim Trennmittel Rapsöl deutlich mehr Kraft aufgewendet werden als beim Mineralölprodukt. Die Betonoberfläche zeigte grundsätzlich bei Verwendung der Stahlschalung kleinere Porositäten als bei der Holzschalung. Ein optischer Unterschied zwischen den beiden Trennmitteln hinsichtlich der resultierenden Oberflächenbeschaffenheit konnte, unabhängig von der Dosierung nicht festgestellt werden. Als einziger Unterschied wurde bei Mineralöl und Stahlschalung eine etwas höhere Abmehlneigung als bei Rapsöl festgestellt.

### Die Trennwirkung

wird durch die Kraft ermittelt, die notwendig ist, um einen genormten Betonkörper von der Schalung zu lösen. Bild 2 zeigt die Abreißfestigkeit für nicht saugende und saugende Schalung unter Verwendung der beiden untersuchten Trennmittel mit unterschiedlicher Dosierung. Bei allen Rapsölvarianten ist die Trennwirkung auf nicht saugender Schalung mit einer Abreißfestigkeit von unter 0,01 N/mm<sup>2</sup> deutlich günstiger als bei der Holzschalung. Dies ist unab-

hängig von der Dosierung, aber auch von einer 24-stündigen Alterung der aufgetragenen Trennschicht. Bei nicht saugender Schalung zeigen sich Vorteile für Rapsöl im Vergleich zum konventionellen Trennmittel, das wiederum unter Verwendung der saugenden Holzschalung eindeutig besser abschneidet.

### Die Oberflächenzugfestigkeit

ist zwischen den beiden Schalungsvarianten grundsätzlich vergleichbar. Auch zwischen den Trennmitteltypen können keine gravierenden Unterschiede festgestellt werden. Eine verbesserte Stabilität (höhere Oberflächenzugfestigkeit) zeigt sich bei 24-stündiger Alterung des Trennfilmes. Die höhere Dosierung von Rapsöl auf saugender Holzschalung weist Nachteile gegenüber dem Mineralölprodukt auf (Bild 3).

### Der Haftverbund,

also die Festigkeit der Verbindung zwischen dem Betonkörper und dem Verputz ist beim Einsatz von Rapsöl niedriger Dosierung oder Mineralöl auf saugender Schalung besonders hoch im Vergleich zur Stahlschalung. Hier zeigten sich wiederum kaum Unterschiede zwischen den Trennmitteln. Auf Holzschalung ist der Haftverbund etwa doppelt so stark als auf Stahlschalung. Auf der Holzschalung höher dosiertes Rapsöl führt zu einem Absinken des Haftverbundes auf das Niveau von Stahlschalungen.

### Die Wasseraufnahmefähigkeit

steigt mit der Zunahme der Porosität des Bauteiles. Zwischen den untersuchten Trennmitteln bestehen wenig Unterschiede. Auf Stahlschalung aufgetragenes konventionelles Trennmittel führt zu einer geringfügig höheren Wasseraufnahme als die Varianten mit Rapsöl. Unter Verwendung von Holzschalung kann eine geringere Wasseraufnahme als bei Stahlschalung festgestellt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass unter den untersuchten Bedingungen naturbelassenes Rapsöl sich als geeignetes Beton-trennmittel erwiesen hat.

Bild 3: Oberflächenzugfestigkeit an Betonkörpern nach 28 Tagen mit naturbelassenem Rapsöl und einem konventionellen Trennmittel (n=3)

Fig. 3: Surface stability of concrete cubes after 28 days with natural rapeseed oil and a conventional parting agent

