

Bernd Niemöller und Hans-Heinrich Harms

# Depotbildung im Erdboden bei der Injektionsdüngung mit Hochdruckwasserstrahl

Bei der Injektionsdüngung wird der Nährstoff nicht breitflächig auf den Boden ausgebracht, sondern mittels einer Trägerflüssigkeit in den Boden injiziert. Dies hat für die Pflanzen viele Vorteile [1]. Grundlegende Untersuchungen über die Möglichkeit, den Dünger mithilfe eines Hochdruckwasserstrahls zu injizieren, führt das Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig durch. Mit einem stationären Versuchsstand wird das Potenzial dieses Verfahrens für die Beispielflüssigkeit Wasser untersucht. Es zeigt sich, dass eine Injektion in den Boden möglich ist.

## Schlüsselwörter

Injektionsdüngung, Hochdruckwasserstrahl, Depotbildung

## Keywords

Ground injection, high pressure water jet, forming of depots

## Abstract

Niemöller, Bernd and Harms, Hans-Heinrich

Forming of depots during the ground injection with a high pressure water jet

Landtechnik 64 (2009), no. 4, pp. 354 - 356, 5 figures, 3 references

During the ground injection the fertilizer is not spread out wide-flatly on the soil surface. It is injected into the soil as a fluid fertilizer. Using conventional fertilizing methods nitrate is the nitrogen-source, in the ground injection ammonium is the nitrogen-source. This has many advantages for the fertilized plants [1]. Fundamental studies on the direct, contactless injection of liquids into the soil with the aid of a high-pressure jet are being carried out at the Institute of Agricultural Machinery and Fluid Power of the Technische Universität Braunschweig. The potential and the possibilities of injection by a high-pressure jet are being examined in trials with pure water as an example fluid on a stationary test rig. The results of the trials show, that the injection with the high pressure jet is possible.

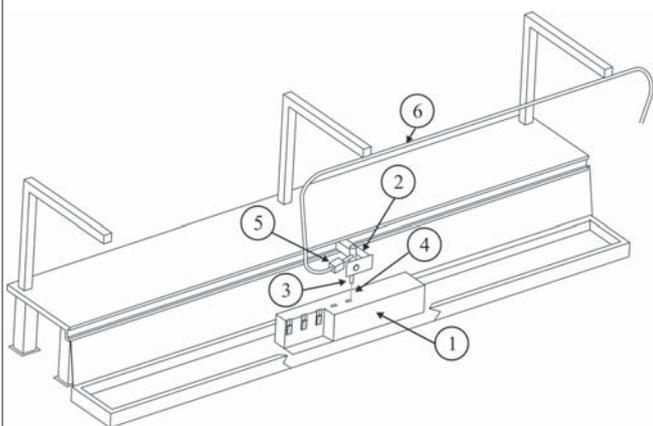
■ In vorhergehenden Veröffentlichungen zu dem vorgestellten Forschungsprojekt lag der Schwerpunkt auf der Ermittlung der Injektionstiefen und der spezifischen Energien bei der Injektionsdüngung mit dem Hochdruckwasserstrahl [2]. In dieser Veröffentlichung wird der Fokus auf die Bildung eines Depots im Erdboden während des Injektionsvorganges gerichtet. Für die Versuche wird ein stationärer Versuchsstand genutzt, in welchem ein mit Erdboden gefülltes Injektionsbehältnis (1) positioniert wird (**Abbildung 1**). Es wird reines Wasser verwendet. Das Injektionsbehältnis wird von einem an einer Linearachse montierten Kragarm (2) überfahren. An dem Kragarm ist ein Schneidkopf (3) befestigt, der einen vertikal nach unten wirkenden Wasserstrahl (4) erzeugt. Dem Schneidkopf ist ein schnell schaltendes Ventil (5) vorgeschaltet, welches durch das Pulsieren des Strahls zur Erzeugung von Depots im Boden beiträgt. Die Druckversorgung der verwendeten Schneidköpfe erfolgt über eine Rohrleitung (6), welche über eine Hochdruckpumpe mit Wasserdruck beaufschlagt wird.

## Theoretische Betrachtung zur Depotbildung im Boden

Der Hochdruckwasserstrahl wirkt punktuell und verringert durch seinen Impuls die zwischen den Bodenkörnern wirkenden Bindemechanismen, welche zusätzlich durch das eingebrachte Wasser stark herabgesetzt werden. Die Teilchen werden leicht beweglich und lagern sich um, ein punktueller Krater entsteht an der Bodenoberfläche. Das Schaltventil der Düse wird schlagartig während der Fahrt geöffnet und bleibt offen. Der Schneidkopf führt eine horizontale, lineare Bewegung durch. Hierbei bildet sich im Boden ein linearer Schlitz. Die Prozesse, die sich nach [3] hierbei abspielen, sind in **Abbildung 2** in vier Schritten dargestellt.

Im ersten Prozessschritt trifft der Wasserstrahl auf den Erd-

Abb. 1



Aufbau des stationären Versuchstandes: (1) Injektionsbehälter, (2) Kragarm, (3) Schneidkopf, (4) Wasserstrahl, (5) Ventil, (6) Rohrleitung

Fig. 1: Design of the stationary test rig: (1) injection box, (2) jib boom, (3) cutting head, (4) high-pressure jet, (5) pulsating valve, (6) pipe system

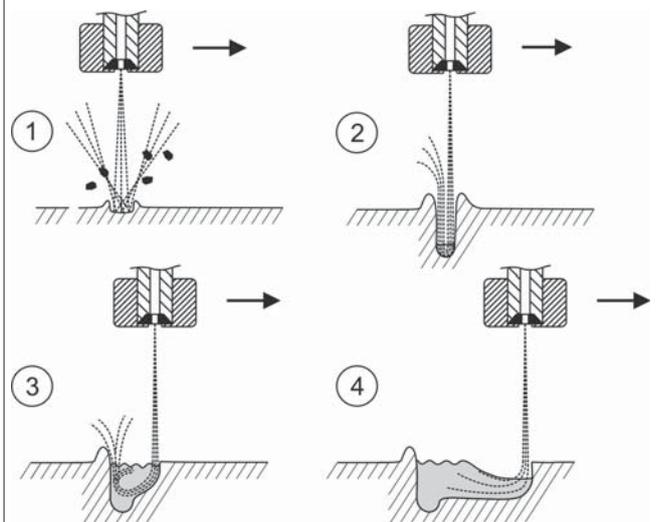
boden, die obersten Bodenkörner werden weggeschleudert und ein Krater bildet sich. Im zweiten Prozessschritt schreitet die Kraterbildung voran. Am Grund des Kraters sammelt sich erstes Wasser. Im dritten Prozessschritt ist im Boden ein mit Wasser gefüllter Schlitz entstanden, der die Intensität des Wasserstrahls dämpft. Dadurch ist die Tiefe des Schlitzes geringer, als direkt nach dem Öffnen des Schaltventils. Es bildet sich im Wasser des Schlitzes ein Wirbel aus, der das Herausspritzen von Wasser zur Folge hat. Im vierten Prozessschritt hat sich eine konstante Tiefe des mit Wasser gefüllten Schlitzes eingestellt. Der Strahl tangiert den Grund des Schlitzes und strömt anschließend in einem flachen Winkel in Richtung Bodenoberfläche. Ursächlich hierfür ist das Wasserpolster im Schlitz. Beim Eindringen des Wasserstrahls in das Wasserpolster wirkt dieses als Widerstand, sodass der Strahl an der Oberfläche des Polsters „abprallt“ und abgelenkt wird. Einzelne Bodenkörner werden mitgerissen. Der gesamte Vorgang dämpft den Wasserstrahl und verringert seine Energie, sodass das Wasser nicht wieder aus dem Schlitz austritt.

Entscheidend am Strömungsverhalten des Wasserstrahls im Boden ist, dass nur wenig Wasser und wenige Bodenkörner aus dem im Boden entstehenden Schlitz herausgeschleudert werden. Daher kann bei diesem Verfahren von einer Injektion des Wassers in den Erdboden gesprochen werden.

### Versuchsergebnisse

**Verspritzen von Wasser während der Injektion.** Ein Verspritzen von Wasser während der Injektionsdüngung ist nicht erwünscht, da dieses zur Folge hätte, dass der Nährstoff an die Bodenoberfläche kommen und dort den Pflanzen nicht zur Verfügung stehen würde. Zur Überprüfung wurden Untersuchungen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera durchgeführt. In **Abbildung 3** sind hierzu vier extrahierte Bilder einer Hochgeschwindigkeitsaufnahme dargestellt. Wie in Teilbild 1

Abb. 2

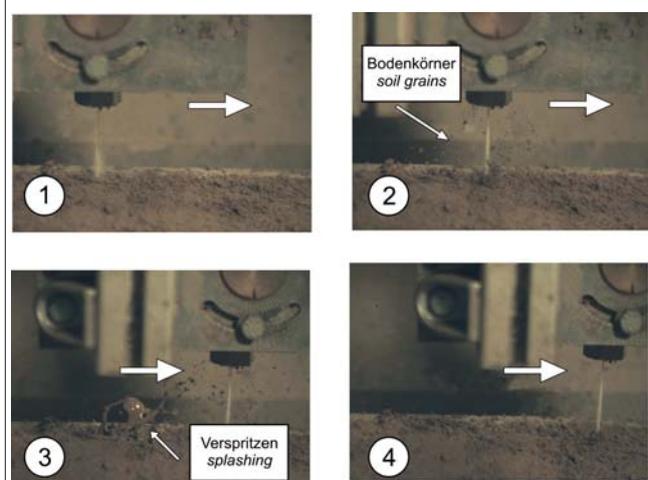


Strömungsverhalten des Wassers im Erdboden (nach [3]): (1) Wasserstrahl trifft auf den Erdboden, (2) Kraterbildung, (3) mit Wasser gefüllter Schlitz, (4) konstante Tiefe des mit Wasser gefüllten Schlitzes

Fig. 2: Flow of the waterjet inside the soil (according to [3]): (1) water jet impacts the soil surface, (2) crater is formed in the soil, (3) slit in the soil filled with water, (4) constant depth of the slit filled with water

zu sehen, öffnet sich das Schaltventil während der Überfahrt schlagartig. Danach baut sich der Hochdruckstrahl auf und trifft auf die Bodenoberfläche. Teilbild 2 zeigt, wie der Hochdruckstrahl in den Boden eindringt. Kein Wasser verspritzt. Lediglich ein Herausschleudern von wenigen Bodenkörnern ist zu erkennen. Der im Boden entstehende Schlitz füllt sich mit injiziertem Wasser. Dabei gibt es starke Verwirbelungen des injizierten Wassers. Teilbild 3 zeigt ein kurzzeitiges Versprit-

Abb. 3



Verspritzen von Wasser nach dem Öffnen des Schaltventils: (1) Öffnen des Ventils, (2) der Hochdruckstrahl dringt in den Boden ein, (3) kurzzeitiges Verspritzen von Wasser, (4) quasistatischer Zustand

Fig. 3: Splashing of water after opening the valve: (1) sudden opening of the valve, (2) high-pressure jet penetrates into the soil, (3) briefly water splashing out of the slit, (4) quasi-static condition

zen von Wasser aus dem Schlitz. Fährt die Linearachse weiter, wird der Schlitz im Boden länger, und die dadurch zunehmende dämpfende Wirkung sowohl des injizierten Wassers als auch der Schlitzwände verringern die Verwirbelungen im Schlitz. Dieses hat zur Folge, dass das in Teilbild 3 zu sehende Verspritzen wieder abklingt und sich ein quasistatischer Zustand (Teilbild 4) einstellt. Das Wasser verspritzt nicht. Lediglich einige Bodenkörner werden herausgeschleudert.

#### Strömungsverhalten und Verbleib des Wassers im Boden.

Für die Versuche wird ein Teilvolumen des Injektionsbehältnisses schichtweise mit eingefärbtem Sand befüllt und anschließend ein Injektionsvorgang durchgeführt. In der Versuchsauswertung wird der gesamte Boden als Block aus dem Injektionsbehältnis herausgenommen und schichtweise quer zum Schlitz aufgeschnitten. Eine Darstellung der Anschnittfläche ist in **Abbildung 4** zu sehen. Dort sind sehr gut die eingefärbten Sandschichten und der im Boden entstandene Schlitz zu erkennen. Am Schlitzgrund ist ein Bereich zu sehen, in welchem Körner aller eingefärbten Sandschichten in vermischter Form zu finden sind. Dieses Vermischen der Bodenschichten deutet auf eine starke Verwirbelung des Wassers an dieser Stelle hin. Das dämpft den Hochdruckstrahl, sodass das Wasser aus dem Schlitz nicht verspritzt. Es ist weiterhin zu erkennen, dass die Körner der unteren Sandschicht nicht nur in dieser Schicht, sondern auch im Bereich des Schlitzes oberhalb des vermischten Bodens und somit bis zu zwei Schichten oberhalb der ursprünglichen Schicht zu finden sind. Dieses deutet darauf hin, dass insbesondere das Wasser im Bereich der unteren Sandschicht die Tendenz hat, nach oben aus dem Schlitz heraus zu strömen. Hierbei werden vom Wasser Bodenkörner mitgerissen, die sich in oberen Schichten ablagern. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass das nach oben strömende Wasser sehr

stark gedämpft wird, da während der Versuchsdurchführung kein Verspritzen des Wassers aus dem Schlitz zu beobachten ist. Für eine Anwendung im Bereich der Injektionsdüngung ist weiterhin der Verbleib des Wassers nach der Injektion von großer Relevanz. Dieser Zusammenhang wird mit einer Schwarzlichtflüssigkeit untersucht, die dem Wasserstrahl beigemischt wird. Auch hier wird der Boden dem Injektionsbehältnis als ein Block entnommen und scheibenweise quer zum Schlitz aufgeschnitten. Mithilfe von Schwarzlicht werden die Anschnittflächen anschließend beleuchtet, sodass der Verbleib des injizierten Wassers im Boden zu erkennen ist. In **Abbildung 5** ist eine mit Schwarzlicht beleuchtete Anschnittfläche zu sehen. Es ist sehr gut der im Boden entstehende Schlitz zu erkennen. Ein Großteil des injizierten Wassers verbleibt am Grund des Schlitzes. Die gemessene Injektionstiefe liegt hier bei etwa 75 mm. Dort bildet das injizierte Wasser ein Depot, wobei ein Teil des Wassers in tiefere Bodenbereiche sickert.

#### Literatur

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] ● Sommer, K.: Cultan-Düngung. Verlag Th. Mann Gelsenkirchen, Bonn, 2005
- [2] Niemöller, B. und Harms, H.-H.: Injektionsdüngung mit Hochdruckwasserstrahl. Landtechnik 63 (2008), H. 5, S. 272-273
- [3] Niemöller, B. und Harms, H.-H.: Untersuchungen zur Injektionsdüngung mit Hochdruckwasserstrahl. In: Tagungsband zur Tagung LAND. TECHNIK 2008, VDI Verlag GmbH Düsseldorf, Hohenheim, 2008, S. 335

#### Autoren

**Dipl.-Ing. Bernd Niemöller** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: **Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. H.-H. Harms**), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; E-Mail: b.niemoeeller@tu-bs.de

#### Danksagung

Das vorgestellte Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert und hat eine Laufzeit von zwei Jahren.

