

Bernd Niemöller und Hans-Heinrich Harms, Braunschweig

Injektionsdüngung mit Hochdruckwasserstrahl

Die Injektionsdüngung bietet pflanzenbaulich sehr viel Vorteile. Bisher verfügbare mechanische Verfahren der Injektionsdüngung im Feldeinsatz haben allerdings einige Nachteile. Am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig werden grundlegende Untersuchungen zur Möglichkeit der Injektionsdüngung mit Hochdruckwasserstrahl durchgeführt. In Versuchen mit einem stationären Versuchstand wird das Potenzial der Injektion mit Hochdruckwasserstrahl bei unterschiedlichen Böden untersucht. Es zeigt sich, dass über eine Variation von verschiedenen Parametern wie dem Wasserdruck oder dem Volumenstrom unterschiedliche Ablagetiefen im Boden zu erreichen sind.

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.niemoller@tu-bs.de. Das vorgestellte Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert und hat eine Laufzeit von zwei Jahren.

Schlüsselwörter

Injektionsdüngung, Hochdruckwasserstrahl

Keywords

Injection fertilizing, high-pressure water jet

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] • Sommer, K.: CULTAN-Düngung. Verlag Th. Mann Gelsenkirchen, Bonn, 2005
 [2] N.N.: Firmenprospekt Güstrower Maschinen- und Antriebstechnik GmbH und Co. KG

Die Injektionsdüngung ist ein Düngerverfahren, bei dem stickstoffreicher Ammoniumdünger im Boden nahe an den Wurzeln der Pflanze abgelegt wird. Um die beste Wirkung des Düngers zu erreichen, hat sich die Ablage in hochkonzentrierten Düngerdepots im Boden als sinnvoll erwiesen. Der verwendete Ammoniumdünger hat gegenüber anderen stickstoffreichen Düngern den Vorteil, dass er nicht durch Regen ausgewaschen werden kann, sondern als stabile Stickstoffquelle im Boden vorliegt. In der Literatur wird die Injektionsdüngung nach diesem Verfahren als CULTAN-Verfahren (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) bezeichnet [1].

Bei bisherigen technischen Umsetzungen des Verfahrens erfolgt die Ablage des Düngers mechanisch (siehe LANDTECHNIK 4/2008, Seite 196). Über Injektionsspitzen (Spokes) werden Düngerdepots in einer Tiefe von 50 bis 90 mm im Erdboden angelegt. Die Spokes sind sternförmig an Speichenrädern angeordnet, die über den Boden gezogen werden. Ein nabengesteuertes Ventil in den Speichenrädern steuert die Ausbringung des Düngers. Derzeit auf dem Markt erhältliche Maschinen haben einen Abstand zwischen den Injektionspunkten von 13 cm, der Reihenabstand beträgt 25 cm. Die Arbeitsbreiten reichen von 1 m im Parzellenbau bis 18 m für den Großflächeneinsatz [2].

Nachteilig für die bisherige technische Umsetzung sind die hohen Anschaffungskosten der Injektionstechnik. Außerdem stehen die Spokes im ständigen Kontakt mit dem Boden, was einerseits aufgrund des ständigen Einstechens zu einer Verstopfung der Düsen führen kann und andererseits einen Verschleiß der Spokes mit sich bringt. Bei Fremdkörperkontakt kann es zudem zum Bruch der Spokes kommen. Da das Einstechen der Spokes in den Boden über das Eigengewicht der Maschine erfolgt, ist bei großen Arbeitsbreiten ein hohes Maschinengewicht erforderlich, was zu starken Bodenverdichtungen führen kann.

Zielsetzung und Versuchsaufbau

Am Institut für Landmaschinen und Fluid-

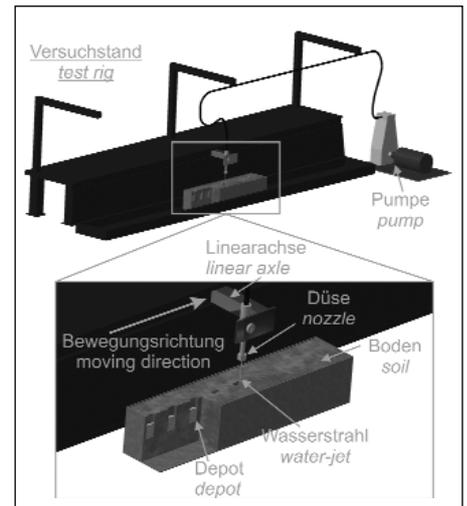


Bild 1: Der stationäre Versuchstand

Fig. 1: Stationary test rig

technik der TU Braunschweig wird ein alternatives Verfahren zur Injektion des Düngers in den Boden untersucht. Im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsprojektes wird untersucht, ob es möglich ist, flüssigen Dünger in Form eines Hochdruckwasserstrahls direkt in der gewünschten Tiefe in den Boden abzulegen. Die dafür notwendigen grundlegenden Versuche werden nicht im Feldeinsatz, sondern mit Hilfe eines stationären Versuchsaufbaus zum Wasserstrahlschneiden durchgeführt. Bei diesen Versuchen wird zunächst ausschließlich mit reinem Wasser gearbeitet. Über eine Pumpe wird das Wasser auf Hochdruck verdichtet. Über eine Rohrleitung wird dieses Wasser zu der Strahldüse geleitet, an welcher der Hochdruckwasserstrahl erzeugt wird. Die Düse ist an einer Linearachse befestigt, welche über eine Bodenprobe hinweg geführt wird. In Bild 1 ist ein schematischer Aufbau des Versuchsaufbaus dargestellt.

Im Rahmen der durchgeführten Versuchsreihen werden die Möglichkeiten der Injektionsdüngung mit Wasserstrahl sowie die dabei erkennbaren Randbedingungen untersucht. Hierbei kann eine Vielzahl von Einflussparametern variiert werden.

Einerseits wird der Einfluss bodenspezifischer Einflussparameter untersucht. So werden verschiedene Bodenarten (sandige, schluffige und tonige Böden) einbezogen. Die Feuchtigkeit und die Verdichtung des Bodens werden variiert. Darüber hinaus wird die Möglichkeit getestet, den Dünger in gefrorene Böden zu injizieren.

Andererseits werden Einstellungen der Wasserstrahlanlage variiert. Es werden verschiedene Wasserdrücke von bis zu 120 MPa (1200 bar), verschiedene Volumenströme, verschiedene Überfahrsgeschwindigkeiten, die Frequenz bei gepulstem Wasserstrahl, der Abstand zwischen Düse und Boden und

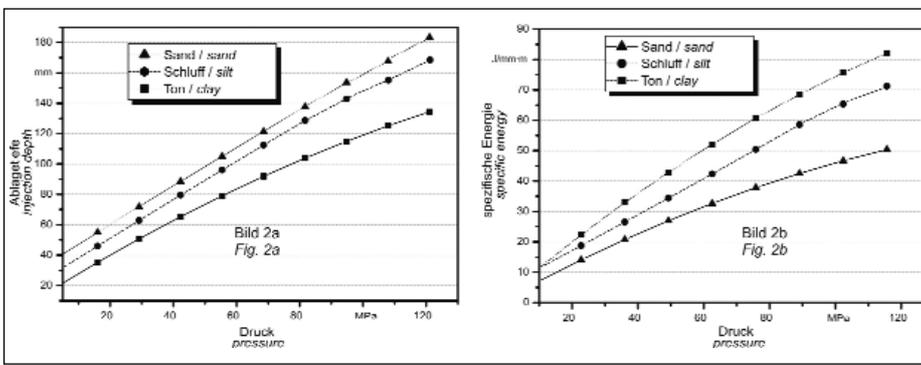


Bild 2: Ablagetiefe und spezifische Energie bei unterschiedlichen Wasserdrücken

Fig. 2: Injection depth and specific energy at different water pressures

der Injektionswinkel zwischen Düse und Bodenoberfläche untersucht.

Zur Bewertung der Versuche werden als messtechnisch zu erfassende Größen die Ablagetiefe, die dafür aufgewandte Leistung und die eingebrachte spezifische Energie herangezogen. Darüber hinaus werden als visuell zu erfassende Eigenschaften das Verhalten des Wasserstrahls im Boden und das Rückspritzverhalten des Wasserstrahls aus der Schnittfuge im Boden bewertet.

Ergebnisse

Vorversuche mit verschiedenen Bodenarten haben gezeigt, dass schon bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 2 m/s, einem Druck von 40 MPa (400 bar) und einem Volumenstrom von 7,5 l/min Ablagetiefen von 70 mm bis 90 mm (je nach Bodenart und Bodenbeschaffenheit) erzielt werden können. Daher wurden diese Einstellungen der Wasserstrahlanlage als Basiseinstellungen verwendet und ausgehend von diesen Einstellungen in ausführlichen Versuchsreihen je ein Parameter variiert. Nachfolgend werden exemplarisch zwei Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt.

In Bild 2 sind die gemessenen Ablagetiefen bei der Variation des Wasserdrucks für die drei verschiedenen Bodenarten dargestellt. Im Bild 2a ist die Ablagetiefe bei einer Variation des Wasserdrucks zu sehen. Es ist zu erkennen, dass für alle Bodenarten die Ablagetiefe mit höheren Wasserdrücken ansteigt. Es zeigt sich, dass die erreichbare Ablagetiefe bei einem leichteren Boden (Sandboden) höher ist als bei einem schweren Boden (Tonboden). Dieses liegt begründet in den unterschiedlichen Aggregaten der Bodenarten. Die Aggregate haben untereinander Wechselwirkungen (van-der-Waals-Kräfte, etc.), wodurch sie eine stabile Bodenstruktur ausbilden. Schwerere Böden haben eine sehr viel stabilere Bodenstruktur. Diese Bodenstruktur muss durch den Wasserstrahl aufgebrochen werden, was bei diesen Böden mehr Energie erfordert als bei leichteren Böden.

Der Verlauf in Bild 2a flacht bei höheren Drücken leicht ab. Ursächlich hierfür sind zwei Gründe. Einerseits kommt es zu Reibung im Boden zwischen dem Wasserstrahl

und den Seiten des im Boden entstandenen Schlitzes. Diese Reibung vergrößert sich mit steigender Ablagetiefe. Dies führt zu einer Verringerung der Energie des Wasserstrahls, was sich in einer leicht abfallenden Steigerung der Ablagetiefe niederschlägt. Darüber hinaus hat die Vergrößerung des Wasserdrucks eine Erhöhung des Wasservolumenstroms zur Folge. Dieses Wasser bildet ein Wasserpolster im Boden. Beim Durchdringen des Wasserpolsters durch den Wasserstrahl kommt es zu Reibung zwischen dem Wasserstrahl und dem Wasserpolster, welche eine Verringerung der Energie des Wasserstrahls zur Folge hat. Bei steigendem Volumenstrom erhöht sich das Wasserpolster, was eine erhöhte Reibung mit sich bringt und die leicht abfallende Steigerung der Ablagetiefe begründet.

In Bild 2b ist die aufzuwendende spezifische Energie bei der Variation des Wasserdrucks dargestellt. Die spezifische Energie ist definiert als die eingebrachte Energie bezogen auf die Ablagetiefe und die Ablagelänge. Es ist zu erkennen, dass die spezifische Energie bei hohen Drücken ansteigt. Da die spezifische Energie sich aus dem Quotienten der eingebrachten Energie und der Ablagetiefe zusammensetzt, ist die Zunahme der eingebrachten Energie sehr viel größer als die Zunahme der Ablagetiefe. Energetisch betrachtet sind somit geringere Drücke zu bevorzugen.

Als ein weiteres Beispiel für messtechnische Untersuchungen sind die Ablagetiefe

und die spezifische Energie bei unterschiedlicher Bodenfeuchtigkeit in Bild 3 dargestellt.

Es zeigt sich, dass mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit die Ablagetiefe sehr stark ansteigt (Bild 3a). Der Wasserdruck und der Volumenstrom waren bei allen Versuchen gleich. Bei geringen Bodenfeuchtigkeiten ist nur eine sehr geringe Ablagetiefe zu erreichen, bei hohen Feuchtigkeiten ist bei sonst gleichen Einstellungen eine sehr große Ablagetiefe möglich. Dieses Phänomen lässt sich über die Wechselwirkungen (van-der-Waals-Kräfte, etc.) der einzelnen Bodenaggregate begründen. Bei trockenen Böden sind diese Wechselwirkungen sehr groß, wodurch sich eine stabile Bodenstruktur ausbildet. Je feuchter der Boden ist, desto geringer werden diese Wechselwirkungen. Daher ist es bei feuchteren Böden auch mit einem sehr viel geringeren Energiebedarf möglich, eine große Ablagetiefe zu erzielen. Dieses Verhalten zeigt sich auch in Bild 3a. Bei sehr geringer Bodenfeuchtigkeit ist besonders bei einem schweren Tonboden die aufzuwendende spezifische Energie um ein Vielfaches größer als bei einer hohen Bodenfeuchtigkeit.

Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten grundlegenden Untersuchungen mit reinem Wasser zeigen sehr gute Ergebnisse der Injektionsdüngung mit Hochdruckwasserstrahl. Die untersuchten Bodenarten weisen unterschiedliche Eigenschaften auf. Besonders die Bodenfeuchtigkeit hat einen erheblichen Einfluss auf die erreichbare Ablagetiefe.

Erste Versuche zur Pulsation des Wasserstrahls wurden bereits durchgeführt. Hier sind noch weitere Untersuchungen notwendig. In weiteren Versuchen werden die Möglichkeiten der Injektionsdüngung bei gefrorenem Boden sowie bei Boden mit Mulch- und Direktsaat untersucht. Abschließend sollen erste Untersuchungen zur Regelung der Ablagetiefe durchgeführt werden.

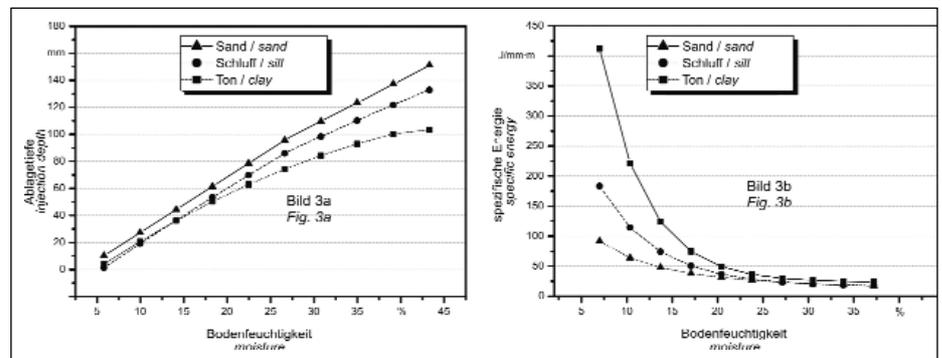


Bild 3: Ablagetiefe und spezifische Energie bei unterschiedlichen Bodenfeuchten

Fig. 3: Injection depth and specific energy at different soil moistures