Projekt LiqInject
FRANK Walz- und Schmiedetechnik GmbH
Sachbericht - Verwendungsnachweis

II. Eingehende Darstellung

1. Darstellung der durchgeführten Arbeiten unter Berücksichtigung der ursprünglichen Vorhabenbeschreibung

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung, der Aufbau und die Erprobung eines seriennahen Prototyps zur streifenförmigen Injektion von Flüssigsubstraten in den Boden sowie der agronomische und emissionsbezogene Vergleich mit konventionellen Düngesystemen. Die im Projekt durchgeführten Arbeiten entsprechen in ihrer Zielstellung der ursprünglichen Vorhabenbeschreibung. Anpassungen im Arbeitsablauf ergaben sich ausschließlich aus technisch notwendigen Optimierungsschritten zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems.

Arbeitspaket 1: Etablierung Parzellengerät

Der Aufbau des Parzellengeräts erfolgte durch die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT). Um diesen zu unterstützen, wurden neben der Fertigung der Injektionsschare weitere Konstruktionsteile entwickelt, gefertigt und dem Projektpartner zur Verfügung gestellt. Diese umfassten Adapter- und Klemmplatten zur Montage der Injektionseinheit an den Rahmen, einen Tragarm zur Aufnahme des Injektionsschars sowie einen Halter für die Andruckrolle, die zum Schlitzverschluss dient.

Konstruktive Auslegung und Fertigung der Halterung zur Aufnahme des Injektionsgeräts:

Die Grundlage für das Injektionsgerät stellte eine Halterung der Fa. Kongskilde dar, die von der HSWT bzw. der Firma Siegwald Gerätebau GmbH zugekauft wurde. Ein Bestandteil der zugekauften Halterung war ebenfalls eine Sechscheibe (s. nächster Punkt). Um die Halterung an den bestehenden Rahmen zu montieren, wurden Adapter- und Klemmplatten entwickelt und gefertigt. Zur Montage des Injektionsschars wurde außerdem ein Trägerarm entwickelt und gefertigt, der an die Halterung montiert werden kann.

Herstellung der Scheiben:

Aus praktischen Gründen wurden für das 3 m-Parzellengerät an der HSWT (sowie auch für das 6 m-Gerät der Fa. Siegwald) die Sechscheiben verwendet, die Teil der zugekauften Halterung der Fa. Kongskilde zur Scheibenaufnahme waren. Es wurde aufgrund der kleinen zu erwartenden Flächenleistungen und der daher weniger aussagekräftigen Testergebnisse darauf verzichtet, für die Sechscheibe Werkstoffe zu erproben, die über den Stand der Technik hinausgehen. Diese Aufgabe wurde auf das 8 m-Gerät, das von der Firma RAUCH Landmaschinenfabrik GmbH aufgebaut wurde und Teil von Arbeitspaket 2 ist, übertragen.

Herstellung der Injektionsschare:

In Absprache mit den Projektpartnern HSWT und Siegwald wurde ein Injektionsschar entwickelt, das mittels eines Tragarms an die Scheibenhalterung montiert werden kann und an dessen Rückseite sich ein Injektionsrohr zur präzisen Düngerablage befindet. Das Injektionsschar inkl. Applikationsrohr wurde neben der Ausführung in der klassischen Variante auch in verschiedenen experimentellen Versionen hergestellt. Zur Optimierung der Standzeit wurde zum einen eine Version entwickelt, bei der der Bereich, der direkt hinter der Sechscheibe läuft und zur Formung des Schlitzes dient („Maulwurf“), mit einer Hartmetall-Platte gepanzert ist, um den Verschleiß an dieser Stelle zu minimieren. Zusätzlich zeigte sich in den ersten Tests sehr schnell, dass das Applikationsrohr einem hohen abrasiven Verschleiß ausgesetzt ist, da es nicht aus borlegiertem Vergütungsstahl, sondern aus einem weniger verschleißbeständigen Stahl gefertigt ist. Um diesem Verschleiß entgegenzuwirken, wurde auf den Seiten der Injektionsschare im hinteren Bereich nahe des Applikationsrohrs mittels Laserauftragschweißen (*laser cladding*, LC) eine Hartstoffschicht aufgetragen, die das Rohr vor dem Erdreich schützt und somit den abrasiven Verschleiß minimiert.

Entwicklung und Umsetzung von Lösungsansätzen zur Qualitätssteigerung des Schlitzverschlusses:

An der HSWT wurden verschiedene Lösungen zum Schlitzversuch erprobt und deren Leistung untersucht. Eine dieser Lösungen stellte der Schlitzverschluss mittels einer Andruckrolle dar. Es wurde eine Halterung entwickelt und gefertigt, um die Andruckrollen an der Injektionseinheit zu montieren. Diese Lösung erlaubt auch die zusätzliche Verwendung eines Striegelzinkens.

Arbeitspaket 2: Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Evaluation des Injektionsgerätes LiqInject

Im Rahmen des Projekts sollten zwei Injektionsgeräte gefertigt werden. Zum einen ein 6 m-Gerät bei der Fa. Siegwald und zum anderen ein 8 m-Gerät bei der Fa. RAUCH. Für die Montage der Injektionseinheiten am 6 m-Gerät wurde die gleiche konstruktive Lösung angestrebt wie für das 3 m-Parzellengerät an der HSWT. Dieser Ansatz stellt eine praktische Lösung dar, da die Komponenten nicht neu entwickelt werden müssen und entsprechend die Lösungen, die unter AP1 entwickelt wurden, verwendet werden können. Für das 8 m-Gerät stellt ein bestehender Rahmen der Fa. RAUCH die Basis dar. Dieses Design wurde von Beginn der Entwicklungsarbeiten an berücksichtigt, um die Montage der Injektionseinheit an den Rahm gewährleisten zu können. Ein besonderer Fokus bei den Entwicklungen lag auf möglichen Materialeinsparungen, da sich das Gewicht der Injektionseinheiten und damit des Gesamtgeräts als ein kritischer Punkt bei der Umsetzbarkeit herausstellte.

Konstruktive Auslegung und Fertigung einer Halterung zur Aufnahme des Injektionsgeräts:

Aufgrund der Verwendung des gleichen Designs wie für das 3 m-Parzellengerät waren für die Aufnahme der Injektionseinheit am 6 m-Gerät der Fa. Siegwald keine weiteren Anpassungen notwendig. Die Entwicklung ist bereits unter AP1 beschrieben. Für das 8 m-Gerät, das von der Fa. RAUCH aufgebaut wurde, wurde in enger Abstimmung ein komplett neues Design entwickelt, das an einen bestehenden Rahmen der Fa. RAUCH angepasst ist. Hierbei wurde auf das Design des Injektionsschars, das für 3 m- und 6 m-Gerät entwickelt wurde, aufgebaut. Dieses wurde so angepasst und optimiert, dass es ohne weitere Adapter direkt an die Aufnahme des Rahmens der Fa. RAUCH montiert werden kann.

Herstellung von Sechscheiben auf Grundlage der gewonnen Erkenntnisse aus AP1:

Das Design der Sechscheiben für das 8 m-Gerät wurde in enger Abstimmung mit dem Partner RAUCH entwickelt. Hierbei wurden die Parameter Scheibendicke und -durchmesser sowie das Lochbild zur Montage an der ausgewählten Nabe so gewählt, dass sie optimal zum restlichen Design der entwickelten Injektionseinheit passen. Anders als ursprünglich vorgesehen wurden unter AP1 wie beschrieben keine Sechscheiben aus verschiedenen Werkstoffen getestet. Aus diesem Grund wurde beschlossen, für das 8 m-Gerät Scheiben aus zwei Werkstoffen zur Verfügung zu stellen und zu testen. Zum einen wurde ein borlegiertem Vergütungsstahl gewählt, der dem Stand der Technik für Scheiben entspricht und gute Verschleißeigenschaften besitzt.

Zum anderen wurde ein höherlegierter Stahl eingesetzt, mit dem sich eine größere Härte erzielen lässt, um noch beständiger gegen abrasiven Verschleiß zu sein. Dies kann allerdings auf Kosten der Zähigkeit gehen und kommt im Bereich von Scheiben bisher nur in ausgewählten Fällen zum Einsatz, geht also über den Stand der Technik hinaus. Hier besteht das Risiko, dass es aufgrund erhöhter Sprödigkeit zu Rissen im Material kommen kann. Die entwickelten Scheiben wurden aus beiden Werkstoffen gefertigt und dem Partner RAUCH zur Ausstattung des 8 m-Geräts zur Verfügung gestellt. Aufgrund einer zu geringen bisher erzielten Flächenleistung lassen sich noch keine Aussagen über das Verschleißbild der beiden Werkstoffe treffen. Es konnte aber bereits die Erkenntnis gewonnen werden, dass die Ebenheit der Sechscheibe aufgrund des kleinen Abstands zum Injektionsschar einen kritischen Parameter darstellt, da unebene Scheiben aufgrund eines kurzzeitigen Verstopfens des kleinen Bereichs zwischen Scheibe und Schar zum periodischen Auswurf von Erdreich führen können. Dieses Problem war aus anderen Anwendungen bisher nicht bekannt und wird bei zukünftigen Fertigungen Berücksichtigung finden.

Herstellung der Injektionsschare inkl. Applikationsrohr und Maulwurf:

Die Entwicklung der Injektionsschare für das 8 m-Gerät erfolgte auf Grundlage des Designs, das unter AP1 für das 3 m- und das 6 m-Gerät entwickelt wurde. Wichtige Erkenntnisse hierbei betrafen vor allem das Applikationsrohr. Zunächst zeigte sich, dass das Biegen des Rohrs zur Anpassung an die runde Rückseite des Injektionsschars eine ungewünschte Komplikation darstellt. Daher wurde der Grundkörper des Schars so umgestaltet, dass die Rückseite gerade verläuft und das Rohr nicht gebogen werden muss. Um das Applikationsrohr gegen abrasiven Verschleiß zu schützen, konnte unter AP1 gezeigt werden, dass dies durch das Aufbringen einer Hartstoffschicht mittels LC möglich ist. Dies stellt allerdings fertigungstechnisch einen erheblichen Mehraufwand dar und sollte unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit vermieden werden. Aus diesem Grund wurde das Design so geändert, dass der Schar-Grundkörper etwas dicker ist als das Applikationsrohr, wodurch dieses ebenfalls vor dem vorbeiströmenden Erdreich verborgen bleibt und daher vor Verschleiß geschützt wird. Ein weiteres Problem, das sich unter AP1 gezeigt hat, stellte der korrosive Verschleiß durch den eingesetzten Dünger dar. Um diesem zu begegnen, wurden drei Ansätze gewählt und umgesetzt. 1.) ein Rohr aus Stahl mit größerer Wandstärke und kleinerem Innendurchmesser, um der Korrosion mehr Material entgegenzusetzen, 2.) ein Rohr aus Stahl mit dünnerer Wandstärke und größerem Innendurchmesser, in das ein weiteres Rohr aus einem korrosionsbeständigen Material, z. B. Kunststoff, eingeführt werden kann, und 3.) ein Rohr aus korrosionsbeständigem Edelstahl. Bei dem Edelstahlrohr war zunächst nicht klar, ob dies an das Injektionsschar angeschweißt werden kann. Dies stellte sich allerdings als machbar heraus. Zusätzlich zu den Varianten mit

verschiedenen Applikationsrohren wurden einige Injektionsschare mit einem mit einer Hartmetall-Platte gepanzerten „Maulwurf“ gefertigt, wie dies bereits unter AP1 beschrieben ist. Injektionsschare mit allen drei Arten von Applikationsrohren sowie zusätzlich einige mit Hartmetall gepanzerte Versionen wurden gefertigt und dem Partner RAUCH zu Verfügung gestellt. Das 8 m-Gerät wurde entsprechend mit den Injektionsscharen ausgestattet, die bisher erzielte Flächenleistung ist allerdings noch zu gering, um Aussagen zum korrosiven oder abrasiven Verschleiß treffen zu können.

Herstellung von Komponenten für den Schlitzverschluss:

Zum Zeitpunkt der Entwicklung der Injektionseinheit für das 8 m-Gerät lagen noch keine gesicherten Erkenntnisse zum Schlitzverschluss aus dem AP1 vor. In Abstimmung mit dem Projektpartner RAUCH wurde beschlossen, keine speziellen Komponenten für den Schlitzverschluss zu fertigen. Die Injektionseinheit bietet die Möglichkeit zur Montage einer Andruckrolle, die zum Zeitpunkt der Entwicklung die bevorzugte Lösung darstellte.

Entwicklung und Umsetzung von Lösungsansätzen zur Kombination des Dünger-Arbeitsgangs mit Unkrautbekämpfung:

Da wie im vorherigen Punkt beschrieben auf eine Andruckrolle zum Schlitzverschluss gesetzt wurde, wurden bei der Entwicklung der Injektionseinheit für das 8 m-Gerät keine weiteren Ansätze zur Kombination des Dünger-Arbeitsgangs mit einer Unkrautbekämpfung verfolgt.

Arbeitspaket 3: Erprobung und Entwicklung der Applikationstechnik für Flüssigdünger / -substrate

Im AP 3 lagen beim Projektpartner FRANK Walz- und Schmiedetechnik keine Aufgaben vor.

Arbeitspaket 4: Nachweis der agronomischen Vorteile

Im AP 4 lagen beim Projektpartner FRANK Walz- und Schmiedetechnik keine Aufgaben vor.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises:

Die eingesetzten Mittel wurden entsprechend der Projektplanung verwendet für:

- Konstruktion, Verbesserung und Fertigung des Injektionsschars für das 3 m- und 6 m-Gerät
- Konstruktion und Fertigung von Konstruktionsteilen für das 3 m- und 6 m-Gerät
- Beschaffung von Materialien zum Aufbau des Injektionsschars für das 3 m- und 6 m-Gerät
- Konstruktion und Fertigung der Sechscheibe und des Injektionsschars für das 8 m-Gerät
- Beschaffung von Materialien zum Aufbau des Injektionsschars für das 8 m-Gerät

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit:

Die durchgeführten Arbeiten waren erforderlich, um:

- Das 3 m- bzw. das 6 m-Gerät mit Injektionsscharen auszustatten und dieses montieren zu können
- Die Verschleißbeständigkeit des Injektionsschars für das 3 m bzw. 6 m-Gerät zu erhöhen
- Injektionsschar und Sechscheibe für das 8 m-Gerät passend zum restlichen Aufbau der Injektionseinheit zu entwickeln und dieses damit auszustatten

Während der Projektarbeiten hat es sich herausgestellt, dass es zielführend ist, eine schnelle und pragmatische Lösung für die Injektionseinheit für das 3 m- bzw. 6m-Gerät zu finden, um diese Geräte zeitnah einsetzen und erste Erkenntnisse sammeln zu können. Diese wertvollen Erkenntnisse konnten im Anschluss eingesetzt werden, um eine technisch ausgereiftere Lösung für das deutlich komplexer aufgebaute 8 m-Gerät zu erarbeiten.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse:

Durch das Vorhaben konnten Injektionsschare und Sechscheiben für die Ausstattung eines 3 m-Parzellengeräts, eines 6 m-Versuchsgeräts und eines 8 m-Großgeräts entwickelt werden.
Die Ergebnisse zeigen:

- Die grundsätzliche Fähigkeit zur Fertigung der entsprechenden Verschleißteile
- Die Möglichkeit zur Aufpanzerung des „Maulwurfs“ mit Hartmetall
- Die Funktionsweise der entwickelten Lösungen in der Praxis
- Die Anfälligkeit des Injektionsrohrs gegen abrasiven und korrosiven Verschleiß und wie diesen entgegengewirkt werden kann

- Die Wichtigkeit der Ebenheit der Sechscheibe in Kombination mit dem geringen Abstand zum Injektionsschar

Perspektiven für die Verwertung:
Kurz- bis mittelfristig vorgesehen sind:

- Generelle Funktionsweise konnte im Projekt gezeigt werden
- Wenn die Methode Anklang in der Praxis findet, können kurz- bis mittelfristig kleinere bis mittelgroße Geräte (wie das 6 m-Gerät) durch die Fa. Siegwald gebaut und mit den entsprechenden Verschleißteilen ausgestattet werden
- Sechscheiben stellen bereits einen wichtigen Teil des Produktportfolios der Fa. FRANK dar und können direkt auf die Anforderungen für die Injektionseinheit angepasst werden
- Injektionsschare werden in dieser Form bisher nicht gefertigt, können aber aufgrund der bestehenden Fertigungstechnik ideal in das Produktportfolio aufgenommen werden

Langfristig besteht das Potenzial für:

- Sollte sich die Methode durchsetzen und das 8 m-Gerät Serienreife erreichen, können aufgrund der gesammelten Erfahrungen unmittelbar die benötigten Verschleißteile zur Verfügung gestellt werden
- Aufgrund der Versuche mit verschiedenen Materialgüten und Verschleißschutz-Konzepten können direkt unterschiedliche Anforderungen bzgl. Betriebsgröße oder Bodenbedingungen adressiert werden

Die agronomischen Vorteile wurden von den Projektpartner aufgezeigt. Damit leisten die Projektergebnisse einen Beitrag zu den Zielen einer ressourceneffizienten und umweltgerechten Landwirtschaft.

5. Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während des gesamten Projekts wurden keine weiteren Fortschritte auf diesem Gebiet bei anderen Stellen oder Organisationen bekannt.

6. Veröffentlichungen des Ergebnisses

Eine Veröffentlichung der Ergebnisse durch den Projektpartner HSWT erfolgte sowohl in einer landwirtschaftlichen Fachzeitung (bbz-bwagrar) als auch in einem englischsprachigen wissenschaftlichen Journal.