

Entwicklung einer bedarfsgerechten und schlagbezogenen Flüssigdüngung zur Verwertung organisch basierten Flüssigdüngers in landwirtschaftlichen Kulturen

-GreenCycle-

Zuwendungsempfänger:

HYDRO-AIR International irrigation systems GmbH, Flugplatzweg 1, 14913 Niedergörsdorf OT Altes Lager, Herr Scholz, Stefan, Geschäftsführer, +49 (0) 33 741-620 60, info@hydro-air.de, <https://www.hydro-air.de/>.

Projektkoordination:**Mitglieder der Operationellen Gruppe und assoziierte Partner:**

- HYDRO-AIR International irrigation systems GmbH (Lead-Partner)
- ttz Bremerhaven
- Humboldt Universität zu Berlin
- Gut Rüdow GmbH & Co. KG
- Agrargenossenschaft Tauche e.G.
- G&G Tierproduktion Bredow
- Fürstenwalder Agrarprodukte GmbH
- Berlin Town Projects
- IT-Direkt Business Technologies GmbH

Projektlaufzeit: 01.01.2018 bis 31.12.2022

Budget:

Datum: 31.03.2023

Autoren: Hänel, Mirko; Junghans, Veikko; Scholz, Stefan



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung in deutscher Sprache	2
2	Kurzfassung in englischer Sprache	2
3	Situation zu Projektbeginn	3
3.1	Ausgangssituation	3
3.2	Aufgabenstellung und Ziele des Vorhabens	4
4	Projektverlauf	6
5	Projektergebnisse.....	12
5.1	Ergebnisse	12
5.2	Diskussion der Ergebnisse	16
5.3	Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen.....	18
5.4	Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen EIP-Zielen	18
5.5	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis	19
5.6	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen 19	
5.7	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und weiterführende Fragestellungen	20
6	Zusammenarbeit der operationellen Gruppe	20
7	Kommunikations- und Disseminationskonzept	21
8	Anhang.....	24
8.1	Verwendung der Zuwendung	24
8.2	Nutzung des Innovationsdienstleisters (IDL).....	24
8.3	Nachweis der Veröffentlichungen	26
8.4	Practice abstracts.....	28
8.5	Textvorlagen für ein Praxisblatt	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnis der geoelektrischen Erkundung sowie Auswertung durch Bodenprobenahmen am Standort Beerfelde bei PP Fürstenwlder Agrarprodukte. Der Ausschnitt zeigt zudem die in-situ Untersuchungspunkte der Saison 2022 durch eine Abschlussarbeit an der HU Berlin.	8
Abbildung 2: Screenshots der im Projekt entwickelten App zu Umsetzung der Fertigation über Kreisbewässerungsmaschinen.....	10
Abbildung 3: Übersicht über die Größenverteilung zwischen Gärrest und Filtrat bei PP Bredow.....	13
Abbildung 4: Übersicht über die Größenverteilung zwischen Gärrest, Dickschlamm und Permeat bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte	13
Abbildung 5: Aufbau der Separatoreinheit beim PP Fürstenwalder Agrarprodukte	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zu Aufgaben und deren Realisierung im Projekt GreenCycle	6
Tabelle 2: physikalisch-chemische Eigenschaften der Gärrestseparation bei PP Bredow	13
Tabelle 3: physikalisch-chemische Eigenschaften der Gärrestseparation bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte	13
Tabelle 4: Zusammenfassung der N _{min} und N _{ges} Verluste sowie NH ₄ Veränderungen von verdünnten Gärresten des PP Fürstenwalder Agrarprodukte in Abhängigkeit von Verdünnung und pH-Wert; (Daten basierend auf BSC-Arbeit von Wagbner, S.. (2023) (HU-Berlin)) nach 35 Tagen Inkubation (22°C, 65 %rel. Luftfeuchte)	15
Tabelle 5: Übersicht zur N-Zufuhr-Abfuhr sowie Erträgen bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte (Saison 2022, Winterweizen); (Daten basierend auf BSC-Arbeit von Wolff, L.J. (2023) (HU-Berlin))	16
Tabelle 6: Übersicht der umgesetzten Veranstaltungen sowie Verbreitung der Projektergebnisse	21

1 Kurzfassung in deutscher Sprache

Die Düngung landwirtschaftlicher Flächen in der EU wird immer schwieriger. Zahlreiche Richtlinien und Gesetze bestimmen die Lagerung und die Ausbringung von organischen N-Düngern, wie z.B. Biogastrückständen. Die Arbeitsgruppe hat sich vor Projektbeginn intensiv mit der Frage beschäftigt, wie die Effizienz des Düngeprozesses mit flüssigen organischen Düngemitteln, wie mit Biogastrückständen, verbessert werden kann.

Ziel war ein integriertes Fertigationssystem für größere Flächen zu entwickeln. Im Rahmen des Projekts wurden "Separatoreinheiten" für flüssige Biogastrückstände mit austauschbaren Siebgrößen zur Adaption an unterschiedliche Medien entwickelt. Während die entstehende trockensubstanzreiche Phase wie Festmist gelagert oder ausgebracht werden kann, ist die flüssige Phase auch lagerbar aber vor allem bei Bedarf direkt mit Kreis- oder Linearbewässerungsmaschinen ausbringbar. Das Projekt hat für letzteres Anwendungsfeld eine "Steuerungs- und Mischeinheit" entwickelt und diverse Anwendungsversuche durchgeführt und die Ergebnisse an potentielle Anwender vermittelt.

2 Kurzfassung in englischer Sprache

Fertilisation of agricultural sites within the European Union is becoming more and more challenging. On the one hand, numerous directives and laws regulate the storage and the application of organic N-fertilisers, such as biogas residues, whereas on the other hand nutrient cycling is becoming more and more relevant for a sustainable agricultural production.

The operational group intensively thought before the project start about how to improve the agronomic efficiency of the fertilisation process with liquid organic fertilisers, especially biogas residues.

The aim was to develop an integrated fertigation-system for larger scale sites.

The project developed successfully so-called complex "separator units" for liquid biogas residues with exchangeable sieve mesh-sizes to adopt to different media conditions. Whereas the dry matter rich phase can be stored or applied like as organic-content-rich manure the liquid phase can be stored or applied directly with center-pivot irrigation machines. For the latter case, the project also developed a "control and mixing unit".

3 Situation zu Projektbeginn

3.1 Ausgangssituation

Zur Zeit der Antragstellung wurden in Brandenburg werden ca. 560.000 Rinder (davon ca. 160.000 Milchviehe) und 851.000 Schweine gehalten (MLUL 2015). Pro Milchvieh fallen pro Jahr ca. 10m³ Gülle mit einem durchschnittlichen Nges Gehalt von ca. 4% (SLL 2007) an. In der Schweinezucht fallen ca. 20l Gülle pro kg Fleischproduktion an. Weiterhin gab es zur Zeit der Antragstellung etwa 299 Großanlagen zur Biogasproduktion mit der entsprechenden Menge an nährstoffreichen flüssigen Reststoffen (Stand 2014).

Es existierten in Brandenburg zur Zeit der Antragstellung also hohe Quantitäten von flüssigen und festen Wirtschaftsdüngern mit den damit verbundenen Nährstoffmengen. Die Landwirte in Brandenburg sahen und sehen sich noch immer mit den folgenden Problemen konfrontiert:

- Restriktiver werdende Ausbringungsbedingungen und eingeschränkte Ausbringungszeiten für organische Wirtschaftsdünger

Das gesetzbedingte zeitlich enge Ausbringungsfenster im Frühjahr für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft hat zur Folge, dass es zu einer Anreicherung der Böden mit Nährstoffen während einer Zeit kommt, welche durch reduzierte Stoffumwandlungsprozesse gekennzeichnet ist. Dies gilt sowohl für pflanzliche als auch für bodenbiologische Prozesse.

Zudem existierte ein nicht unerheblicher Anteil von aufgedüngtem unbestelltem Ackerland v.a. in Mais-, Zuckerüben- und Kartoffelanbaubereichen - 72% von ca. 6.9 Mio. m³ im Jahr 2010 in Brandenburg - während ungünstiger klimatischer und pflanzenbaulicher Bedingungen (Statistisches Bundesamt 2011). Eine Ausbringung von Wirtschaftsdüngern während der Vegetationszeit findet derzeit v.a. auf Grund der Gesetzeslage (Einarbeitungsgebot) nur bedingt statt. Pflanzenbauliche Aspekte schränken zusätzlich die konventionelle Ausbringung von Wirtschaftsdünger ein.

- hohe Nitratkonzentrationen (Wolter 2016) im Grundwasser aufgrund übermäßiger und nicht-nachhaltiger Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (BMU 2008, BMU 2013).

Gülle und Biogasgülle werden gesammelt und gelagert und im überwiegenden Fall im Frühjahr ausgebracht. Auf sandigen Böden, wie sie in Brandenburg häufig vorkommen, kann ein Großteil der Nährstoffe nicht im Boden gebunden werden und verlagert sich (auch durch die zunehmenden Starkregenereignisse) in den Grundwasserbereich mit den entsprechenden Umweltauswirkungen (z.B. Nitratbelastung des Grundwassers). Die Vorratsdüngung mit organischen Flüssigdüngern stellt somit die gleichzeitige Umsetzung der Aspekte der Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie in Frage.

- steigender Entsorgungsdruck und Kosten für große Mengen an organischen flüssigen Wirtschaftsdünger bzw. flüssige Reststoffe aus der Biogasproduktion

Die durchschnittlichen Lagerkosten für Gülle und Biogasgülle waren zum Stand der Antragstellung mit etwa 3 bis 4€ /m³ zu beziffern (Hartl et al. 2013, LWK NRW 2014). Mit der üblichen Verbringung von Gülle und Biogasgülle nach Stand der Technik auf fielen zusätzliche Kosten in Höhe von ca. 3,50 €/m³ an. Es wurde zum Stand der Antragstellung angenommen, dass sich in Regionen, die über eine signifikante Anzahl von Biogasanlagen verfügen, das Problem der Flächenverfügbarkeit für die Ausbringung dieser flüssigen Wirtschaftsdünger verschärft.

- Steigende Preise für Mineraldünger

Steigender Nachfrage sowie stark volatile Preisen für Mineraldünger (FAO 2015) sind für viele Landwirte Gründe für eine Nutzung lokal und regional verfügbarer Wirtschaftsdünger.

Eine lokale Aufbereitung und Aufbringung von organischen Nährstofflösungen über Beregnungstechnik, kann dazu beitragen an, sowohl die Effizienz der Nährstoffausnutzung als auch einen ausreichenden Grundwasserschutz gewährleisten. Die geplante Entwicklung sollte den Intentionen der DÜV Rechnung getragen.

Nach damaligen Stand gab es keine Systeme, die Güllen verschiedener Herkünfte so aufarbeiten kann, dass sie technisch unproblematisch und vor allem verdünnt mittels Kreis- oder Linearberegnungsmaschinen ausgebracht werden kann. Die operationelle Gruppe sah das als Innovationslücke an.

3.2 Aufgabenstellung und Ziele des Vorhabens

Es sollte eine „Operationellen Gruppe (OG) zur Entwicklung, Bau und Test einer bedarfsgerechten und schlagbezogenen Flüssigdüngungstechnologie zur Verwertung organischen Flüssigdüngers in landwirtschaftlichen Kulturen für die Region Berlin-Brandenburg“ entstehen.

Die OG führte landwirtschaftliche Produktionsbetriebe, Hersteller und Entwickler von Agrartechnik und entsprechender Software und spezialisierte Forschungseinrichtungen zusammen.

Das Projektvorhaben war in acht Arbeitspakete (siehe AP) gegliedert. Die Projektziele umfassten:

- Planung, Entwicklung und Bau der entsprechenden Module zur Aufbereitung (Trennung Fest- und Flüssigphasen durch Separation, Filtration), Konditionierung (Beimischung und Verdünnung) und bedarfsgerechter und schlagbezogenen

Aufbringung sowie Monitoring (Mischung der Nährstoffzusammensetzung durch Sensoren) von organischen Flüssigdüngern auf Güllenbasis

- Entwicklung sowohl festinstallierter als auch mobiler Module, welche kompatibel mit bestehenden Bewässerungstechnologien sein sollten
- Programmierung der entsprechenden Software (Anwendungsprogramme und Schnittstellen)
- Aufbau und Langzeittests bei den beteiligten landwirtschaftlichen OG Partnern
- Untersuchung auf Nährstoffverlagerung in Bodenschichten, Grundwasser und allg. Emissionen sowie Ertragsmonitoring verschiedener Fruchtarten
- Erstellung einer Nährstoffbilanz (NPK) der Fest- und Flüssigphasen und einer wirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse
- Öffentlichkeitsarbeit und Bewerbung durch eine Internetplattform, für Besucher offene Demonstrationsflächen, Darstellung auf Fachmessen und Publikationen
- Integration der Projektergebnisse in Forschung und Lehre

Mit dem damals laufenden EIP Projekt „Steuerung des Zusatzwassereinsatzes in der Pflanzenproduktion - Situativ, teilschlagspezifisch und automatisiert“ wurden in Vorfeld mögliche Überschneidungen besprochen und der Arbeitsplan entsprechend angepasst. Im Erfolgsfall ist eine enge Kooperation mit diesem EIP Projekt vorgesehen, um den landwirtschaftlichen Betrieben praxisnahe technische Lösungen für eine kombinierte Düngung und Bewässerung anzubieten.

4 Projektverlauf

Überblick

Durch unvorhersehbare Komplikationen während der Konstruktion und des Testbetriebes in Verbindung mit den Auswirkungen der Corona-Pandemie kam es wie in Tabelle 1 gezeigt teilweise zu einer deutlichen Verzögerung bei der Realisierung von Aufgaben und Teilaufgaben. Hier sind insbesondere Lieferschwierigkeiten als Ursache anzuführen.

Es konnten zudem einige Aspekte nicht wie geplant realisiert werden, da z.B. deren technische Machbarkeit nicht gegeben ist (z.B. Integration eines Online-N-Sensors zur sachgerechten DüV-Bilanzierung der N-Frachten).

Durch die Projektverzögerung konnte die Praxisanwendung der Fertigation unter Realbedingungen nur in einer von ursprünglich zwei vorgesehenen Saisons umgesetzt werden.

Tabelle 1: Übersicht zu Aufgaben und deren Realisierung im Projekt GreenCycle

AP	Aufgaben	Umsetzung geplant	Umsetzung realisiert
1	Analyse der Rahmenbedingungen und Anforderungen	B: 01/2018 E: 04/2018	B: 01/2018 E: 10/2018
2	Design der Module des bedarfsgerechten und schlagbezogene Düngesystems (stationär & mobil) mithilfe von Simulationen & Tests	B: 03/2018 E: 11/2018	B: 03/2018 E: 07/2019
3	Entwicklung und Konstruktion des stationären und mobilen Prototypen	B: 01/2018 E: 12/2020	B: 01/2018 E: 10/2022
4	Datenbereitstellung und Monitoring	B: 01/2018 E: 12/2021	B: 01/2018 E: 10/2022
5	Entwicklung der Anwendungs- und Steuerungssoftware	B: 03/2018 E: 10/2018	B: 03/2018 E: 10/2022
6	Aufbau und Testbetrieb der Module	B: 01/2019 E: 12/2021	B: 01/2019 E: 10/2022
7	Kommunikation- und Marketingkonzept	B: 01/2018 E: 12/2021	B: 01/2018 E: 12/2022
8	Projektmanagement und Koordinierung OPG	B: 01/2018 E: 12/2021	B: 01/2018 E: 12/2022

Arbeitspaket 1 - Analyse der Rahmenbedingungen und Anforderungen

Arbeitspakete 1.1 bis 1.5 dienten der Entwicklung eines technischen Pflichtenheftes, welches Basis der Konstruktion der mobilen und stationären Prototypen sowie der mit denen verbundenen Modulen ist. Es wurde deshalb unmittelbar mit Beginn des Projektes Januar 2018 in enger Abstimmung mit den Praxispartnern an den Inhalten gearbeitet. Zum Ende des Sommers 2018 konnten AP 1.1 bis 1.5 abgeschlossen werden.

Arbeitspaket 1.6 wurde in Abstimmung zwischen HU-Berlin und den Praxispartnern ebenfalls Ende des Sommers 2018 als erledigt markiert.

Arbeitspaket 2 – Design der Module

Ausgehend vom technischen Pflichtenheft des AP 1 wurden die notwendigen Berechnungen und Simulationen zur Konstruktion der Prototypen und Module ab Frühjahr 2018 bis zum Sommer 2019 durchgeführt. Die digitale Simulation und Konzeptionierung war Grundlage der realen Konstruktion.

Arbeitspaket 3 - Entwicklung, Konstruktion und Anpassung der stationären und mobilen Prototypen zur Aufbereitung und Aufbringung

Die Konzeptionierung der Module des Arbeitspaketes 3 basierte auf den Vorarbeiten der Pakete 1 und 2.

Die Realisierung der Konstruktion begann im Herbst 2019. Durch die Pandemiesituation ab März 2020 und die damit verbundenen Lieferschwierigkeiten für benötigte Teile (Motoren, Steuerungsgeräte und Siebkörbe) konnten erste Prototypen erst im Frühjahr 2021 in Betrieb genommen werden.

Basierend auf Testdurchläufen der Separatoren mit unterschiedlichen Medien der Projektpartner wurden die entstandenen Filtrate auf deren Verwendbarkeit bei verschiedenen Verdünnungsstufen mit den bei Kreisberegnung üblichen Verteilerdüsen in Langzeitversuchen getestet. Die Tests sollten etwaige Probleme durch Verstopfungen oder Verkrustungen identifizieren. Die Tests fanden im Herbst 2019 statt. Als Resultat konnte die technische Unbedenklichkeit bei Siebgrößen $<500\mu\text{m}$ festgestellt werden.

Es wurde zudem während der Konstruktion festgelegt, dass die Separations- und Mischmodule nur Drucksensoren zur Regelung enthalten sollen. Auf weitere Sensorik sollte und musste sogar vorerst verzichtet werden (vgl. Sachbericht).

Tests der Module identifizierten kleinere Anpassungsbedarfe, insbesondere bei Steuerung- und Regelung von Motoren sowie mechanische Schutzvorrichtungen der Siebkörbe. Diese konnten vor Start der Saison 2022 behoben werden.

Arbeitspaket 4 – Datenbereitstellung und Monitoring

Die Kartierung der Flächen mittels Bodenscanner (Nachauftrag, AP 4.1) sollte zum Herbst 2018 abgeschlossen sein. Durch die extreme Trockenheit des Sommers 2018 war die geoelektrische Kartierung im Sommer 2018 nicht möglich. Ein Abschluss aller diesbezüglichen Arbeiten erfolgte zum Frühjahr 2019. Die Erstellung hochauflöser Karten war durch folgende Bodenkartierungen zur Klärung der realen Korngrößen seitens der HU erst im Frühjahr 2021 komplett abgeschlossen. Diese Arbeiten dienten als Grundlage für in-situ Untersuchungen (AP 4.2 & 4.5) in der Experimental-Saison 2022.

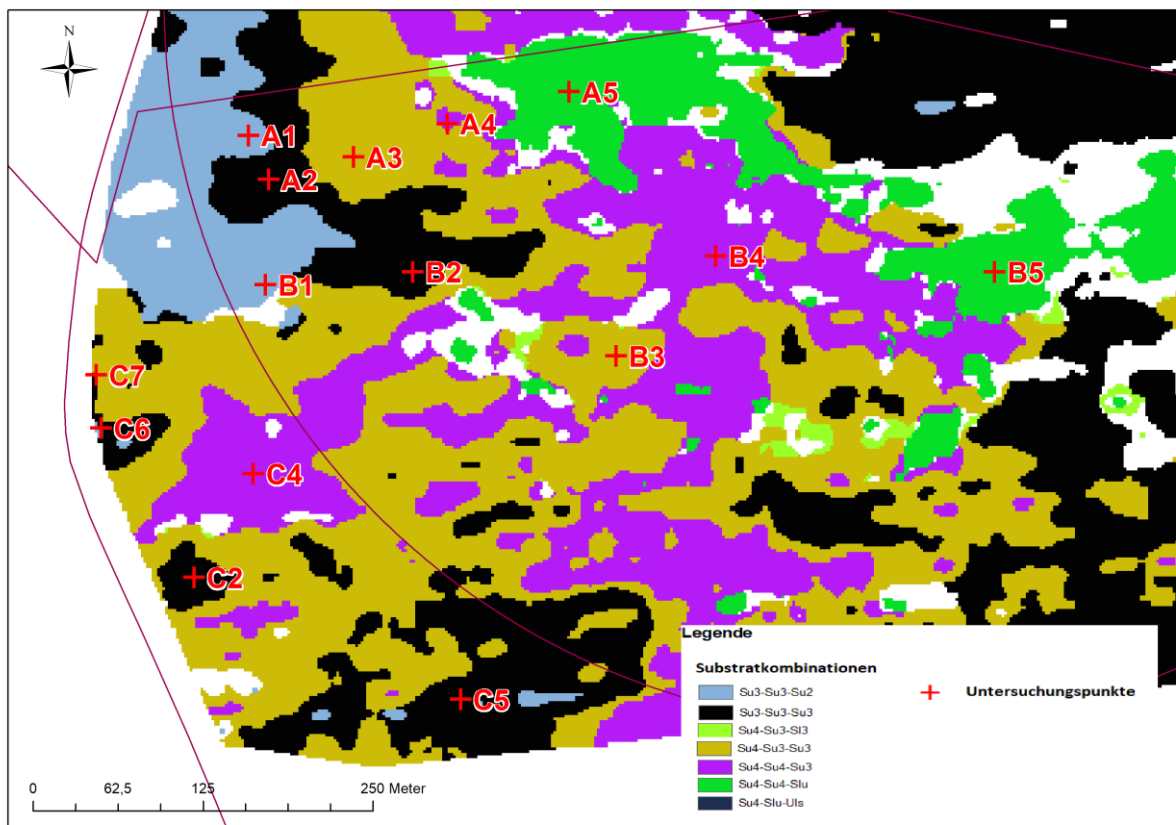


Abbildung 1: Ergebnis der geoelektrischen Erkundung sowie Auswertung durch Bodenprobenahmen am Standort Beerfelde bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte. Der Ausschnitt zeigt zudem die in-situ Untersuchungspunkte der Saison 2022 durch eine Abschlussarbeit an der HU Berlin.

Zur Klärung der N-Verluste bei der Fertigation wurden an der HUB im Frühjahr 2022 Laborversuche durchgeführt. Hier wurden die flüssigen Gärreste des PP Fürstenwalder Agrarprodukte verwendet.

Die teilflächenspezifische Fertigation wurde einerseits aus zeitlichen (extrem verzögerte Inbetriebnahme der Module) andererseits aus finanziellen (keine Finanzierbarkeit durch beteiligte Praxispartner) sowie technischen Gründen (unklare dauerhafte Datenherkunft unter Praxisbedingungen) verworfen. Die damit einhergehende Richtlinienerstellung des AP 4.7 entfällt.

Im Laufe der Bearbeitung des Projektes wurde festgestellt, dass die für die Aufgaben des AP 4.4 notwendige Sensorik (hier insbesondere druck-resistente N-Sensoren) nicht existiert.

AP 4.6. war als Daueraufgabe konzipiert und wurde als solche bis zum Ende des Projektes umgesetzt.

Die ökonomisch-ökologische Betrachtung erfolgte zum Teil durch Abschlussarbeiten, die Praxisgerecht aufbereitet werden.

Arbeitspaket 5 - Entwicklung der Anwendungs- und Steuerungssoftware

Die Entwicklung der Steuerungssoftware startete konzeptionell im Frühjahr 2018. Da die technische Realisierbarkeit einer teilflächenspezifischen Fertigation unter realen Praxisbedingungen im Laufe des Projektes, spätestens im Sommer 2020, als unrealisierbar herauskristallisierte, wurde die Steuerungssoftware „einfach und robust“ ausgelegt. Es ist theoretisch möglich, wenn entsprechende teilflächenspezifische Technik existiert, die Software anzupassen und zu erweitern, da der Entwickler auf Praxiserfahrung aus dem EIP Projekt Precision Irrigation verfügt. Die Finalisierung der Zudosierungssoftware erfolgte im Herbst/ Sommer 2021. Es sind durch den Anwender frei wählbare Verdünnungsstufen sowie frei wählbare Berechnungsgabenhöhen einstellbar. Während der Saison 2022 erfolgte der störungsfreie Betrieb unter Realbedingungen.

Die Steuerungssoftware wurde in die App „Raindancer“ integriert und ist durch den Hersteller und Betreiber für die entsprechenden nutzenden Betriebe freischaltbar (vgl. Abbildung 2)..

An die App ist eine schlagbezogene Dokumentation der ausgebrachten N-Mengen gekoppelt. Diese können sowohl als Excel-Format oder per API ausgelesen werden. Eine Anbindung an Ackerschlagkarteien bzw. Düngedokumentationen und Empfehlungssysteme, z.B. BeSyD, ist daher gegeben.

Während der Saison 2022 erfolgte der störungsfreie Betrieb des Gesamtsystems unter Realbedingungen.

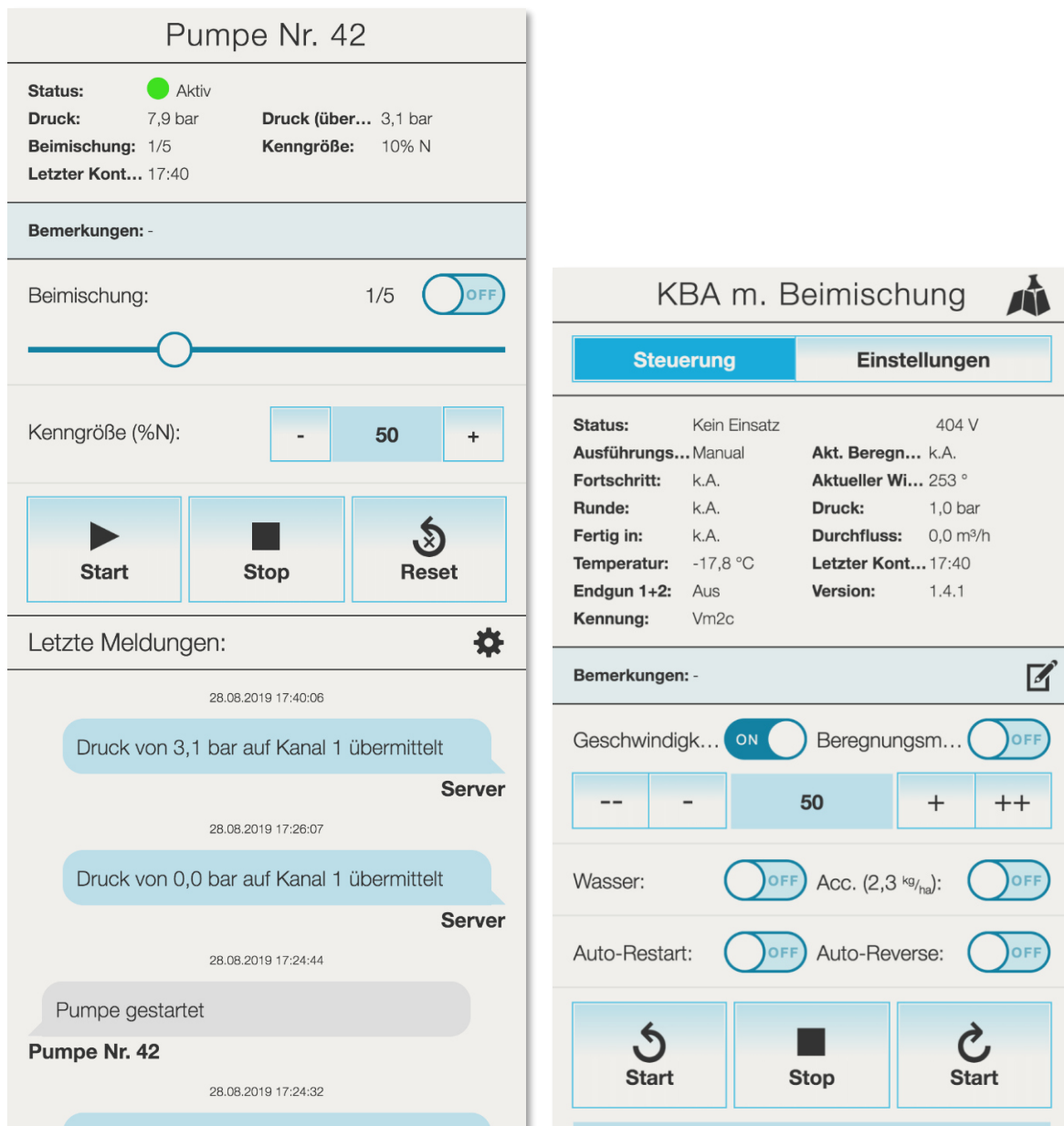


Abbildung 2: Screenshots der im Projekt entwickelten App zu Umsetzung der Fertigation über Kreisbewässerungsmaschinen

Arbeitspaket 6 - Aufbau und Testbetrieb der Module

Die Auswahl der Testflächen fanden bei allen Projektpartnern im Frühjahr 2018 statt. Alle notwendigen Aspekte zur Umsetzung der Fertigation bei den Praxisbetrieben wurden frühzeitig besprochen und nur bei Bedarf angepasst.

Die Errichtung von Lagern für die flüssigen separierten Gärreste sowie die Erweiterung bestehender Brunneninfrastruktur war mit längeren Genehmigungszeiträumen verbunden. Finale Inbetriebnahme der Brunnen und Speicherinfrastruktur erfolgte zum Frühjahr/Sommer 2021 bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte. Die Befüllung des Speichers bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte erfolgte im Herbst Winter 2021/2022.

Die für die Fertigation benötigten Misch- und Dosiermodule wurden zur Saison 2022 in Betrieb genommen und waren in der Saison 2022 bei den beteiligten Praxispartnern fehler- und störungsfrei in Betrieb.

Arbeitspaket 7 - Kommunikation- und Marketingkonzept

Grundlage der durchgeführten Aktivitäten für den Wissenstransfer bildete das im Arbeitspaket 7 erarbeitete „Kommunikation- und Verbreitungskonzept“. Hier wurden u.a. Wege zur Wissensvermittlung und Kommerzialisierung der Projektergebnisse entwickelt und durchgeführt. Die definierten Zielgruppen des Kommunikation- und Verbreitungskonzeptes umfassten a) Praxisnutzer wie Landwirte und Betreiber von Biogasanlagen, b) Wissenschaftler und Forschungseinrichtungen (Umwelttechnik, Ressourcenschutz, Landwirtschaft) und c) Behörden und Politiker (Abgeordnete von Kommunen und Ländern, Ministerien, Landwirtschaftsämter).

Für den fachlichen Austausch wurden Arbeitsberatungen mit anderen Dialoggruppen bzw. aus anderen EIP-Projekten organisiert. Die öffentlichkeitswirksame Außendarstellungen erfolgte schwerpunktmäßig in Form von Trainingworkshops mit Landwirten, Postern und Vorträgen auf Veranstaltungen und Messen [u.a. auf der Agritechnica). Die detaillierten Aktivitäten sind unter Punkt 7 aufgeführt.

Die Ergebnisse des Projektes wurden und werden über folgende Kommunikationswege vertrieben:

- Internetauftritt (www.green-cycle-projekt.de)
- Medien (Zeitungsartikel und Fachpublikationen, Radio- und Fernsehbeiträge, Flyer, Broschüren, Praxisblätter)
- Organisation eigener Fachtagungen
- Abschlusstagung (Dezember 2022): Organisation Leadpartner

Die im Projekt entwickelten Demonstrationsanlagen werden auch über die Projektlaufzeit hinaus als Anschauungs- und Demoanlagen z.B. bei Messen und Workshops eingesetzt.

Arbeitspaket 8 - Projektmanagement und Koordinierung OPG

Während der Projektlaufzeit erfolgte das Projektmanagement durch den Lead Partner Hydro-Air International mit Unterstützung durch die BTP GmbH. Es umfasste sowohl die Projektabstimmung, die Organisation der Projektmeetings, das Berichtswesen und die finanzielle Abwicklung des Projektes. Es fand ein ständiger Austausch der Ergebnisse zwischen den Forschungseinrichtungen (HU Berlin, TTZ und den Praxispartnern und Landwirten) statt. In regelmäßigen Projekttreffen wurde der erarbeitete Sachstand allen Projektpartnern bekannt gegeben. Es konnte innerhalb der OG kritisch über Fortschritt und

Probleme unterrichtet und diskutiert werden. Projektrelevante Entscheidungen wurden mit allen Partnern entsprechend des Kooperationsvertrages abgestimmt. Während der Bearbeitung bestanden zur Vermeidung von Interessenkonflikten klar abgegrenzte Arbeitsbereiche, die nach den jeweiligen Kompetenzen aufgeteilt wurden.

Inhaltlich umfasste das Projektmanagement die Einhaltung aller vertraglichen Verpflichtungen im Rahmen der Finanzhilfevereinbarung. Dies umfasst die gesamte Koordination der Aktivitäten, die Überwachung und Bewertung der Gesamtentwicklung des Projekts, die Vorlage der regelmäßigen Berichte sowie die Dokumentation. Zusätzliche Änderungen in der Entwicklung der Aktivitäten und Anpassungen in den Arbeitsplänen mussten vorgenommen werden, um Verzögerungen aufgrund der Corona-Pandemie auszugleichen. Aus diesem Grund wurde eine Verlängerung von 48 auf 60 Monate beantragt und genehmigt um die Ziele und die erwarteten Ergebnisse des Projekts erfolgreich zu erreichen.

5 Projektergebnisse

5.1 Ergebnisse

Ein wesentliches Ergebnis des Projektes ist die erfolgreiche Konstruktion und die Inbetriebnahme von Separationsanlagen für flüssige Gärreste, wobei das Filtrat/ Permeat für die weitere Verwendung als flüssiger Wirtschaftsdünger zur Einspeisung in Kreisbewässerungsmaschinen genutzt wurde. Das bei der Filtration/ Separation entstehende Nebenprodukt ist je nach Auslegung der Separationseinheit entweder flüssiger Dickschlamm bzw. fester Presskuchen. Beide Nebenprodukte können landwirtschaftlich weiterverwendet werden. Die entwickelten Separationsanlagen wurden für die Separation von flüssigen Gärresten ausgelegt, wobei die spezifischen Bedingungen der betroffenen Gärreste berücksichtigt wurden. Die entstandenen Separatoren haben eine Leistung von etwa 5m³/h und sind sowohl mobil als auch stationär einsetzbar. Das entstehende Permeat/ Filtrat bzw. die Nebenprodukte sind lagerfähig. Je nach Situation, d.h. Düngbedarf sowie betroffene Fläche, können die entstehenden Filtrate/ Permeate direkt in Bewässerungsmaschinen eingespeist werden bzw. müssen bei zu hohem Bedarf in Relation zur Leistung der Separatoren in Zwischenbehälter überführt werden.

Verwendet wurden zwei unterschiedliche Siebgrößen der Separatoren (500µm sowie 50µm).

Das Filtrat/ Permeat ist je nach verwendeter Siebgröße und Ausgangssubstratqualität noch mit Faserfraktionen ausgestattet. Die Faserfraktionen des Filtrats unterscheiden sich deutlich von den Faserfraktionen der Ausgangssubstanz.

Die chemischen Eigenschaften variieren zwischen den Ausgangs- und den entstehenden End- bzw. Nebenprodukten (Tabelle 2, Tabelle 3, Abbildung 3, Abbildung 4).

Tabelle 2: physikalisch-chemische Eigenschaften der Gärrestseparation bei PP Bredow

Bredow	Gärrest	Presskuchen	Filtrat
TS-Gehalt	6,5%	28%	5,4%
Veraschbarer Anteil der TS	90,3%	86,2%	63,0%
NH4	0,30%	0,32%	0,27%
Nges	n.b.	0,68%	n.b.

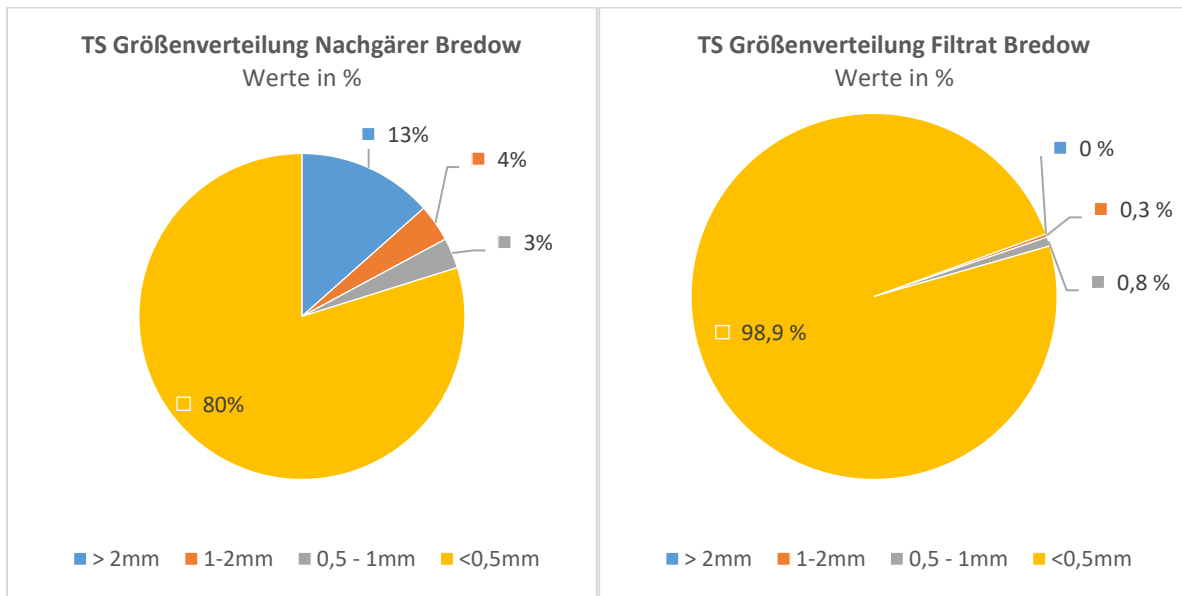


Abbildung 3: Übersicht über die Größenverteilung zwischen Gärrest und Filtrat bei PP Bredow

Tabelle 3: physikalisch-chemische Eigenschaften der Gärrestseparation bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte

Fürstenwalder Agrarprodukte	Gärrest	Dickschlamm	Permeat
TS-Gehalt	8,4%	8,7%	8,2%
Veraschbarer Anteil der TS	68%	68,5%	68%
NH4	0,58%	0,58%	0,58%
Nges	0,85%	0,85%	0,82%

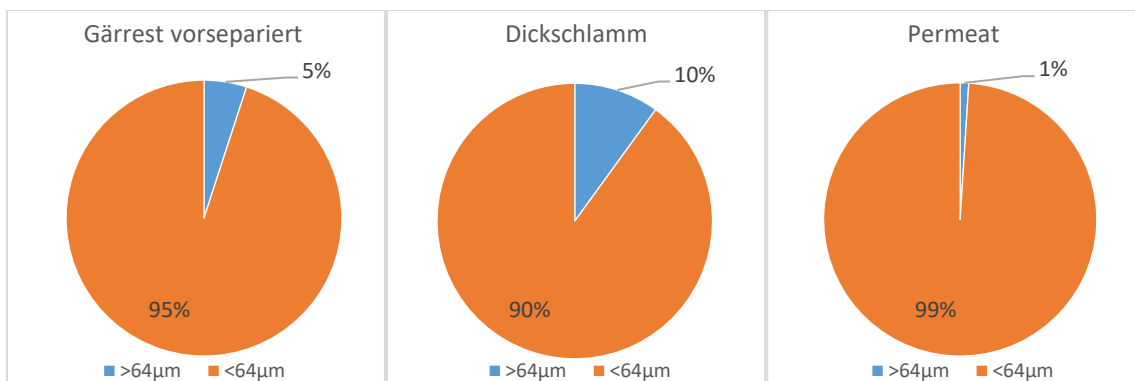


Abbildung 4: Übersicht über die Größenverteilung zwischen Gärrest, Dickschlamm und Permeat bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte

Inter- sowie intraanuell unterliegen oben aufgeführte Gärreste Schwankungen.

Die bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte eingesetzte Separationseinheit produziert ein Permeat: Dickschlamm Verhältnis von etwa 4,5:1. Der Dickschlamm wird in die Gärrestlager rezirkuliert und ist wie vorgesehen pumpbar. Beim Betrieb dieser Separationseinheit entsteht im vorhandenen Setup im IBC Container ohne eine Beimengung von Speiseöl Schaum. Durch einen Schwimmerschalter wird aus dem IBC Container in das spezielle Permeat-Zwischenlager gepumpt. Ohne eine Beimengung von Speiseöl ist der Betrieb nicht möglich, da die Schaumbildung das Umpumpen des Filtrats/ Permeats verhindert.



Abbildung 5: Aufbau der Separatoreinheit beim PP Fürstenwalder Agrarprodukte

Die beiden funktionierenden Separationseinheiten (mobil und stationär) sind derzeit mit etwa $5\text{m}^3/\text{h}$ etwa gleich groß dimensioniert. Damit einhergehend ist auch eine etwa gleich große elektrische Leistungsaufnahme von ca. $1\text{KW}/\text{m}^3$ und damit gleichgroßen Stromkosten.

Wegen diversen Bau- und Genehmigungsverzögerung für Lager und Brunnen wurde bei PP Tauche keine Separationseinheit in der Saison 2022 in Betrieb genommen.

Die an der HU-Berlin 2022 durchgeführte BSC Arbeit, konstatiert für die Nutzung des Permeats aus der Mikroseparation bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte (Siebgröße $50\mu\text{m}$) bei einem Mischungsverhältnis von 1:20 Nges Verluste zwischen 2 bis 2,5% (Tabelle 4, Zeile 7 & 8, Spalte 3, Variante 1:20 pH7 & pH8). Etwa die Hälfte der Verluste sind Verluste von NO_3 bzw. NH_4 (hier als Summenparameter N_{min} dargestellt).

Niedrige Mischungsverhältnisse als 1:20 erhöhen vorwiegend N_{min} Verluste, wobei statistisch nachweisbar höhere Mischungsverhältnisse ab 7 Tage nach der Applikation N_{min} -Verluste reduzieren und gleichzeitig eine verstärkte Mineralisation der OBS (Ammonifikation) stattfindet. Betreffend der Nges-Verluste ist bereits ab dem Tag der Applikation das

Mischungsverhältnis statistisch nachweisbar der entscheidende Faktor für die Höhe der Verluste: je höher das Mischungsverhältnis, je geringer die Nges Verluste.

pH-Werte der Mischung haben keine eindeutigen Einflüsse auf N-Verluste (gemessen als Nmin sowie Nges), allenfalls führen pH-Wert um pH 6 statistisch nachweisbar zu einer Verzögerung der Nitrifikation um maximal 24 Stunden bis etwa 7 Tage nach der Applikation gegenüber anderen pH-Werten.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Nmin und Nges Verluste sowie NH4 Veränderungen von verdünnten Gärresten des PP Fürstenwalder Agrarprodukte in Abhängigkeit von Verdünnung und pH-Wert; (Daten basierend auf BSC-Arbeit von Wagner, S.. (2023) (HU-Berlin)) nach 35 Tagen Inkubation (22°C, 65 %rel. Luftfeuchte)

Variante	Nmin	Nges	Dauer bis zum Vorliegen von		
	Gewinn/ Verlust		50% NH4	25% NH4	0% NH4
	[%]		[d]		
1:1	-25,3	-20,7	~10	~14	~35
1:10 pH6	-7,0	+1,0	~3,5	~5	<8
1:10 pH7	+11,3	-3,4	~3,5	~4	<9
1:20 pH6	+6,7	-0,5	~3	~5	<14
1:20 pH7	+179,9	-2,0	~3,5	~4,5	<21
1:20 pH8 ¹	-0,5	-2,6	~3,5	~4	<14
H2O	+83,9	3,0	~6,5	~7,5	n.n.

¹ Zeitraum der Inkubation 21 Tage

Ein weiteres Ergebnis ist die erfolgreiche Umsetzung der Fertigation, d.h. die Beimischung von separierten Gärresten in Bewässerungsvorgänge um damit ein Teil der Düngung umzusetzen. Dies erfolgte bei PP Bredow sowie bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte, jeweils technisch störungsfrei. Bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte erfolgte die Zudosierung aus dem angesprochenen Zwischenlager (3600m³) über die im Rahmen des Projektes entwickelte Dosiereinheit. Bei PP Bredow erfolgte die Separation auf dem Betriebsgelände der Biogasanlage und die Zudosierung in das Bewässerungsnetz direkt vor Ort, da das abseparierte Filtrat zur Bewässerungssystem gefahren werden muss.

Während der Fertigationssaison wurde festgestellt, dass Mischungsverhältnisse die Infiltrationsgeschwindigkeit bei der Fertigation beeinflusst, Dies wurde von der HUB auch erwartet. Es wird als ein Ergebnis empfohlen, Mischungsverhältnisse des Filtrats: Bewässerungswasser von mindestens 1:20 einzuhalten.

Die Ergebnisse einer weiteren BSc Arbeit an der HU-Berlin konstatierten bei der Fertigation beim PP Fürstenwalde signifikant höhere Ernte in der Saison 2022 im Vergleich zu Referenzflächen. Die relative N-Ausnutzung bei der Fertigation ist mindestens genauso gut wie bei der N-Wirtschaftsdüngung mit Schlitzverfahren.

Tabelle 5: Übersicht zur N-Zufuhr-Abfuhr sowie Erträgen bei PP Fürstenwalder Agrarprodukte (Saison 2022, Winterweizen); (Daten basierend auf BSC-Arbeit von Wolff, L.J. (2023) (HU-Berlin))

	Referenz unberechnet	Referenz berechnet	Fertigation
Nmin März 2022	110 kg N/ha	80 kg N/ha	90kg N/ha
Zufuhr über Düngung			
Mineraldünger	147 kg N/ha		74 kg N/ha
Wirtschaftsdünger	-		90 kg N/ha
Nmin Gehalte 14d vor der Ernte	95 kg N/ha	5 kg N/ha	14 kg N/ha
Bewässerungsgabe	---	96mm	
N-Abfuhr absolut	162 kg N/ha	222 kg N/ha	240 kg N/ha
N-Ausnutzung relativ ¹	63,0%	97,8 %	94,5 %
Ertrag absolut	32 dt/ha	64 dt/ha	83 dt/ha*
relativ	50 %	100 %	130 %

¹ – bezogen auf N-Depot sowie N-Zufuhr (Zeile 2 bis 4); * signifikant unterschiedlich zur bewässerten Referenz mit maximal 5% Irrtumswahrscheinlichkeit

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Separationsleistung der entwickelten Module kann als sehr gut bezeichnet werden. Das Gleiche gilt für die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems (Separation, Zudosierung, Anwendung der Fertigation). Aus technischer Sicht sind diese System als solche vermarktungsfähig. Die bei der Separation entstehenden Nebenprodukte sind verwendbar. Der entstehende Presskuchen ist festmistähnlich.

Das Düngesystem „GreenCycle“ basiert auf der Beimengung von separierten Gärresten in Bewässerungswasser und der Ausbringung der Mischung mittels Kreisbewässerungsmaschinen. Es wurde vermutet, dass diese Fertigation einerseits die konventionelle Düngung ersetzen kann und andererseits zu deutlich geringeren N- Verlusten gegenüber der N-Depotdüngung flüssiger Wirtschaftsdünger führt.

Die N-Verluste bei der Fertigation sind nach Untersuchungen in Labormaßstab als gering einzustufen und liegen deutlich unter den Richtwerten von 10% für die Ausbringung von unverdünnten Gärresten nach Anlage 4 Tabelle 3 StoffBilV 2017. Die Ergebnisse der BSc Arbeit an der HU-Berlin lassen zudem den Schluss zu, dass das System GreenCycle in den atmosphärischen N-Verlusten vergleichbar gute Ergebnisse liefert wie die Güllestriptill bzw. Gülleinjektionstechnik. (Siehe hierzu Daten in https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Abschlussbericht_DBU.pdf). Der bei diesem Versuch genutzte Gärrest hat einen Nges Gehalt in der TM von ca. 10 % und zählt damit zu den Düngemitteln mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff. Nach § 6 Absatz 3 Satz 3 können die in Satz 1 genannten Stoffe in Ausnahmen durch die nach Landesrecht zuständige Stelle mit anderen Verfahren aufgebracht werden, wenn diese zu vergleichbar geringen Ammoniakemissionen führen. Bei diesem Versuch konnte gezeigt werden, dass N-Verluste bei einer Verdünnung von Gärresten von 1:10 oder 1:20 minimal sind. Da dies auch auf geringe Ammoniakemissionen hindeutet, könnte die Verdünnung als Verfahren genutzt

werden, wenn die nach Landesrecht zuständige Stelle es genehmigt. Zudem spricht für eine Genehmigung die Möglichkeit der Gabensplittung, die die bedarfsgerechte N-Düngung ermöglicht.

Bei den unter Laborbedingungen ermittelten Nges/ Nmin Veränderungen in Abhängigkeit von pH-Wert und Verdünnungs-Verhältnis lassen sich beobachtete Effekte zu zwei Gruppen klassifizieren, die ggf. weiterer Untersuchungen unterzogen werden sollten:

- N-Verluste durch Mineralisation der OBS (Varianten 1:10 pH7, 1:20 pH6, 1:20 pH7), mit damit vermutlich einhergehenden C-Verluste der Böden
- N-Verluste aus der Düngung mit Gärresten (Varianten 1:1, 1:10 pH6, 1:20 pH8), ohne C-Verluste der Böden

Es ist daher bei der Anwendung und ggf. Genehmigung abzuwägen, welche Form der N-Verluste akzeptierbar sind. Ein Indikator für solche Entscheidungen kann die OBS sein, liegt diese unterhalb wünschenswerter Gehalte, insbesondere häufig auf leichten Böden, sind diese Böden tendenziell mit höheren pH-Werten zu düngen, da pH Werte um pH 7 offensichtlich die Mineralisation der OBS fördern.

Die unter Realbedingungen ermittelten Erträge weisen eine signifikant erhöhte Ertragsleistung derartig fertigierter Flächen gegenüber Referenzflächen auf. Es ist wahrscheinlich, dass die beabsichtigte Einsparung von N-Mineraldünger bei der Fertigation realistisch wird. Es kann angenommen werden, dass der überwiegende Teil mineralischer N-Dünger eingespart werden kann und somit die regionale Kreislaufwirtschaft gefördert wird.

Die Beeinflussung der pH-Werte durch die Mischung mit Brunnenwasser wurde im speziellen Fall beim Projektpartner Fürstenwalder Agrarprodukte untersucht. Es konnten keine pH-Wert Änderungen im Vergleich zum Original-pH-Wert des Ausgangsubstrats nachgewiesen werden, wenn keine zusätzliche Ansäuerung stattfindet. In diesem Fall ist dies vermutlich auf die Säure-Basen-Puffer-Kapazität des hier verwendeten Substrates zurückzuführen (HTK als Beimengung der Vergärung). Eine generelle Übertragbarkeit und Verallgemeinerung des vorliegenden Versuches auf andere Substrate wird nicht angenommen. Hier sind Einzelfalluntersuchungen durchzuführen.

Eine Ansäuerung der Gärrückstände in den Lagern könnte technisch realisiert werden ist aber mit Aufwand und Kosten verbunden. Zudem wird hierbei eine Schaumbildung eintreten, die technisch kontrolliert werden muss. Die Ansäuerung während der Ausbringung, d.h. direkt in die zu fertigierende Mischung wurde nicht untersucht. Es wird vermutet, dass es hierbei je nach Intensität der Ansäuerung sowie abhängig von den verwendeten Ausgangssubstraten zu unterschiedlich stärker Schaumbildung im Leitungssystem kommt, die ggf. zu Problemen

führen kann. Der Umgang mit technischen Säuren ist zudem risikobehaftet und bedarf Sicherheitsvorkehrungen und u.U. besonderen Genehmigungen.

5.3 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen

Das System GreenCycle ist eine Option für viele brandenburgische Betriebe, kosteneffizient und nährstoffeffizient Gärreste zu verwenden. Durch den steigenden potentiellen Bewässerungsbedarf müssen sich viele Betriebe ohnehin mit Fragen der Bewässerung beschäftigen. Das System GreenCycle ist hier die logische Erweiterung, die zudem Kosten und Arbeitszeit einspart.

Es ist wie vorgesehen möglich, die gesamte N-Zufuhr bei fertigten Flächen durch die Fertigation umzusetzen, sollte dies erforderlich sein. Die Wirtschaftlichkeit wird derzeit als gegeben angesehen. Die derzeit weltweit steigenden Düngepreise verstärken weiterhin das Kosten-Nutzen Verhältnis der Innovation.

Vorteil dieser Düngerapplikation ist die effiziente Nährstoffausnutzung sowie Flexibilität des Einsatzes bei der operativen Düngepraxis.

Es wäre wünschenswert und ggf. erforderlich, dass diese Art der Düngung, da diese nach den vorliegenden Ergebnissen in der Regel und für die meisten Fälle DüV genehmigungspflichtig wäre, hier eine gesonderte Berücksichtigung erfährt, da aus fachlicher Sicht die Vorteile der N-Düngeeffizienz hier gegenüber anderen Düngeverfahren überwiegen. Derzeit existieren bezüglich der DüV Relevanz auch andere geäußerten Ansichten, die eine spezielle Genehmigung der Applikation als nicht erforderlich ansehen.

Eine Genehmigung, sollte diese erforderlich sein, kann u.U., auf Basis der vorliegenden Versuche, auch in Abhängigkeit der zu applizierenden Mischungsverhältnisse erfolgen. Hierfür wird ein Mindestmischungsverhältnis von 1:20 vorgeschlagen. Die N- sowie die P-Düngemenge sowie ist dabei zu bilanzieren. Das Stickstoff-MDÄ ist mit 100% anzusetzen. Zugleich muss die Gabensplittung erfolgen, mit einer hier empfohlenen maximalen Einzelgabenhöhe von 50kg N/ha. Geringere N-Gabenhöhen sind möglich, sollten aber aus feldbaulichen Gründen nicht geringer sein als 30kg N/ha. Eine Anwendung der hier entwickelten und vorgestellten Fertigation wird ausdrücklich derzeit nur für Kreisbewässerungs- und Linearbewässerungsmaschinen empfohlen.

5.4 Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen EIP-Zielen

Ein Ziel des EIP-Agri Programmes sowie der EIP-Richtlinie ist die Entwicklung problem- und anwendungsorientierter Lösungen für praxisrelevante Probleme. Durch die hier entwickelten Lösungen (Separatoren sowie Misch- und Dosiermodule) ist das Problem der teilweise

ineffizienten und kostenintensiven Düngung von flüssigem Wirtschaftsdünger für einen Teilbereich des Feldbaus mit Lösungsansätzen versehen worden, die sich zudem unter Praxisanwendung bewährt und vorteilhaft gegenüber anderen Düngeverfahren erwiesen haben.

Dabei ist das übergeordnete Ziel, die Verbesserung der Produktivität sowie der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Umwelt, durch die hier vorgestellten Ergebnisse und Resultate (Steigerung der N-Düngeeffizienz und Verringerung von N-Verluste bei der Düngung von flüssigen Wirtschaftsdüngern gegenüber herkömmlichen Düngeverfahren) des Projektes und dessen anvisierte Ansätze erreicht worden. Es ist dabei eine Lösung entwickelt worden, die unmittelbar von Landwirten genutzt werden kann, sollten diese z.B. über Kreisberegnungsanlagen verfügen.

5.5 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Betriebe mit Biogasanlagen sowie Kreisbewässerungsmaschinen können diese Form der Düngung unmittelbar nutzen. Es wird hier neben ertragsverbessernden Aspekten auch die kostenreduzierende Anwendung der Fertigation für eine Annahme der Innovation eine Rolle spielen.

Die entwickelten Separatoren aber auch die Misch- und Dosiermodule lassen sich nach aktuellen Einschätzungen aber auch für die Aufbereitung und Ausbringung von anderen flüssigen Wirtschaftsdüngern (z.B. unvergärte Gülle aus der Tierhaltung) mit entsprechender Technik verwenden.

Derzeit nutzen zwei Praxispartner die im Rahmen des Projektes entstandene Technik.

Eine Vermarktung der Separationseinheiten ist vorgesehen und wird bei Bedarf als Einzelanfertigung realisiert.

Für die Vermarktung und Inbetriebsetzung der Misch- und Dosiermodule ist für Brandenburg eine rechtliche Klärung erforderlich und wird hier ausdrücklich empfohlen.

5.6 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Die in der Projektbeschreibung und im Arbeitsplan beschriebenen Aktivitäten wurden durchgeführt und die Projektziele wurden weitestgehend erreicht. Die dafür notwendigen Ressourcen wurden gemäß der Budgetplanung verwendet. Das grundsätzliche Ziel, der Entwicklung, Konstruktion und dem Betrieb von Separatoren, sowie deren Praxisanwendung (Fertigation von landwirtschaftlichen Flächen) wurde erreicht.

Eine online Messung der N-Gehalt in (verdünnten) Gärresten ist derzeit technisch nicht realisierbar. Messungen sind Vor-Ort mit Handmessgeräten möglich aber eine ökonomisch vertretbare integrierte Online-Messung ist zurzeit nicht verfügbar. Obwohl die Fertigation im Projekt erfolgreich durchgeführt wurde wird eine spezifische teilflächenspezifische Fertigation ggf. erst in näherer Zukunft realisiert werden können, da hierfür einerseits technische Umrüstungen erforderlich sind und andererseits die teilflächenspezifische Düngebedarfsermittlung nicht praxistauglich ist.

5.7 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und weiterführende Fragestellungen

Die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems sollte überbetrieblich evaluiert werden.

Zudem sollten etwaige N-Verluste sowie deren Reduktionsmöglichkeiten Aufgaben weiterführender wissenschaftlich-praxisnaher Untersuchungen sein, da hier neben feldbaulichen Aspekten auch Substrat- und wetterbedingte Aspekt eine Rolle spielen könnten. Es dabei auch zu evaluieren, ob die beobachtete N-Umsetzung und –Verluste der Laborarbeiten unter Realbedingungen stattfinden. Ggf. sind hierfür auch weitere Laboruntersuchungen erforderlich. Auch ist zu untersuchen, ob die im Labormaßstab beobachteten erhöhten Umsetzungen der OBS durch bestimmte pH-Wert und Mischungsverhältnisse einerseits reproduzierbar sowie besser beschreibbar sind und andererseits sich unter Realbedingungen wiederfinden lassen. Auch sollten Wirkung von Separation und Fertigation bei der Nutzung unvergärter Gülle betrachtet werden.

Über die entwickelte Technologie lassen sich zukünftig auch weitere Fest-Flüssigsubstrate trennen und landwirtschaftlich verwerten (z.B. Klärschlamm). Um einen direkten Einsatz in der Landwirtschaft zu ermöglichen müssen zukünftig die Analysemöglichkeiten erforscht und verbessert werden. Dies gilt einerseits für die Nährstoffanalytik aber auch in Bezug auf Schadstoffe wie Schwermetalle und Pestizide. Durch die gezielte Weiterentwicklung des integrierten Analytikmoduls) z.B. in Kooperation mit Herstellern von Messgeräten würden sich die potentiellen Marktanwendungen der entwickelten Technologie deutlich erweitern.

6 Zusammenarbeit der operationellen Gruppe

Innerhalb der operationellen Gruppe (OG) wurde über die gesamte Laufzeit zur konkreten Fragen meist der bilaterale Kommunikationsweg beschritten. In regelmäßigen Abständen traf sich die OG zu den Projekttreffen. Diese dienten der Vorstellung bisheriger Ergebnisse sowie der Klärung und Besprechung allgemeiner Fragen. Beide Kommunikationsformen waren sinnvoll und richtig.

Die Projektpartner werden weiterhin, sollte dies notwendig sein, in Kontakt treten.

Es fanden informelle Austausche zur OG „Precision irrigation“ statt.

7 Kommunikations- und Disseminationskonzept

Verschiedene Kontakte zu zusätzlichen Landwirten in Brandenburg, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen- Anhalt und Thüringen sowie zu Verbänden und Forschungsinstituten wurden erfolgreich hergestellt. Darüber hinaus konnten wir das Projekt auf mehreren Messen (siehe Übersichtstabelle) präsentieren. Weitere durchgeführte Aktivitäten für konkrete Zielmärkte umfassten Veröffentlichungen in einschlägigen Fachzeitschriften, Online-Geschäftsnetzwerke und die Teilnahme an Workshops. Gerade der letzte Punkt ist für die Markteinführung besonders wichtig und zielt darauf ab, die wichtigsten Interessengruppen zu erreichen. Obwohl die Pandemie einige Unterbrechungen und Verzögerungen in den ursprünglichen Plänen mit sich brachte, wurden alle Herausforderungen erfolgreich bewältigt. Wie in den vorangegangenen Arbeitspaketen beschrieben, wurden während der Projektlaufzeit verschiedene Trainings- und Informationsworkshops mit Landwirten erfolgreich durchgeführt. Die Inhalte der Workshops umfassten allgemeine Informationen zum Projekt und zur Technologie aber auch konkrete Fragestellungen wie technische Unterstützung, Installation und Wartung. Insgesamt wurden mehr als 180 interessierte Parteien aus der landwirtschaftlichen Praxis erreicht.

- Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse

Überblick über die implementierten Aktivitäten und Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse. Der Lead Partner bzw. Partner haben neben den alltäglichen Möglichkeiten (z.B. Kundenkontakte)

Tabelle 6: Übersicht der umgesetzten Veranstaltungen sowie Verbreitung der Projektergebnisse

Datum	Thema/Titel	Veranstaltungsort
05.09.2019	GC Projektmeeting	IT-Direkt Business Technologies, Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin
12.09.- 15.09.2019	Messe MELA 2019	Leute Wiese 10-11, 18276 Gülzow-Prüzen OT Mühlengeez
20.09.2019	Precision Irrigation Meeting / Verknüpfung von Irrigama Steering mit KBA-Steuerung (TN extern: Frank Dühnelt (IT-Direkt), Beate Zimmermann (FIB))	HYDRO-AIR International, Flugplatzweg 1, 14913 Niedergörsdorf
10.11.- 17.11.2019	Messebesuch Agritechnica	Hannover Messegelände
03.12.2019	Jahreshauptversammlung FBM e.V.	Landesbauernverband Brandenburg e.V., Dorfstraße 1, 14513 Teltow OT Ruhlsdorf

05.12.2019	OG Treffen zum EIP Projekt mit Frau Zimmermann, FIB	HYDRO-AIR International, Flugplatzweg 1, 14913 Niedergörsdorf
20.02.2020	GC-Pj.abstimmung mit Herrn Hänel, Berlinton Project	HYDRO-AIR International, Flugplatzweg 1, 14913 Niedergörsdorf
26.02.2020	Tagung Wasserversorgung	Bauernscheune Bösleben, Ettischlebener Weg 19, 99310 Bösleben
11.03.2020	Kartoffeltag Züssow	Hotel Ostseeländer, 17495 Züssow
19.03.2020	GC-Pj.abstimmung mit Herrn Junghans, HU	HYDRO-AIR International, Flugplatzweg 1, 14913 Niedergörsdorf
23.11.2020	Abschlussworkshop EIP	Seeweg 2, 14554 Seddiner See
16.03.2021	EIP AGRI Erfahrungsaustausch	online
26.04.2021	Workshop: Water Reuse and Resource Recovery: A Prospect in Europe	online ZOOM-Meeting (host: ttz Bremerhaven, Herr Andrés Acosta)
16.09.- 19.09.2021	Messe MELA 2021	Leute Wiese 10-11, 18276 Gülzow-Prüzen OT Mühlengeez
25.11.2021	4. Treffen der Brandenburger EIP-Projektkoordinatoren	online ZOOM-Meeting (Host: Dr. Kathrin Kohle, IDL)
24.01.2022	Mitgliederversammlung FBM e.V.	online
14.06.- 16.06.2022	DLG Feldtage	Südzucker AG Versuchsgut Kirschgartshausen, d. Hohe Weg zum Rhein 12, 68307 Mannheim
28.06.2022	Mitgliederversammlung FBM e.V.	Spargelhof Klaistow, Glindower Straße 28, 14547 Beelitz OT Klaistow
30.06.2022	Brandenburger Umweltkongress	Kulturhaus Martin Anderson Nexö Rüdersdorf, Kalkberger Platz 31, 15562 Rüdersdorf bei Berlin
25.08.2022	Projektmeeting GREEN-CYCLE mit OG-Partnern	Fürstenwalder Agrarprodukte GmbH Beerfelde, Jänickendorfer Str. 17, 15518 Steinhöfel
30.08.2022	Cobbelsdorfer Kartoffeltag	14823 Rabenstein/Fläming OT Garrey
08.09.- 11.09.2022	Messe MELA 2022	Leute Wiese 10-11, 18276 Gülzow-Prüzen OT Mühlengeez
09.11.- 11.11.2022	EIMA International, die Internationale Messe für Landmaschinen	Messegelände Bologna Fiere, IT
22.11.2022	GREEN-CYCLE Schulungsmesse	HYDRO-AIR International, Flugplatzweg 1, 14913 Niedergörsdorf
19.01.2023	EUROPLANT Kartoffeltag Brandenburg & Sachsen-Anhalt	Hotel Landgasthof Jüterbog, 14913 Werder bei Jüterbog

- Grundsätzliche Schlussfolgerungen

Die EIP-Förderung hat den beteiligten landwirtschaftlichen Praxispartnern die Möglichkeit eingeräumt, einerseits Zugang zu Innovationen zu erhalten als auch bei der Entwicklung entscheidend Einfluss zu nehmen. So konnten konkrete Problemstellungen aus der Praxis frühzeitig mit den Forschungseinrichtungen diskutiert werden um praxisfremde Entwicklungen zu verhindern. Die Kombination aus gemeinsamer Entwicklungsarbeit, Praxistest der Demoanlagen bei Landwirten und die wissenschaftliche Begleitung und Auswertung der Versuche ist aus Sicht unserer OG eine gelungene Form von Forschung und Entwicklung. Für zukünftige Programme wäre aus unserer Sicht noch die Einbeziehung von zusätzlichen Aktivitäten zur Marktreife (z.B. Zertifizierungsmaßnahmen, Patentschutz) sinnvoll um eine zügige Markteinführung der entwickelten Technologie zu gewährleisten.

Eine Entwicklung der technischen Aspekte sowie der begleitenden wissenschaftlichen Untersuchungen wäre ohne eine Förderung nicht möglich gewesen.