



**Hochschule  
für nachhaltige Entwicklung  
Eberswalde**

Bachelorarbeit

# **Akzeptanzanalyse von Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen**

Eine Fallstudie über konventionelle Ackerbaubetriebe im Barnim, Brandenburg

Vorgelegt von: Gustav Griep



Studiengang: B.Sc. Ökolandbau und Vermarktung

Fachbereich: Landschaftsnutzung und Naturschutz

Erstgutachter: Prof. Dr. Rüdiger Schultz-Sternberg

Zweitgutachterin: Katja Searles

Datum: 19.02.2024

## Zusammenfassung

Diese wissenschaftliche Abschlussarbeit untersucht die Akzeptanz von konventionellen Landwirtschaftsbetrieben der Region Barnim, Brandenburg, gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen. Die intensive Wirtschaftsweise der Landwirtschaft bringt regionale Nährstoffkreisläufe durcheinander und löst damit Umweltschäden aus. Die Nutzung von Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen verfolgt Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und könnte eine Lösung für aktuelle Probleme werden.

Die Forschung der Arbeit basiert auf einer Fallstudie, die in der Region Barnim, Brandenburg, durchgeführt wurde. Grund dafür ist der Produktionsstandort der Finizio GmbH in Eberswalde, auf dem Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen hergestellt werden. Für das Vorhaben wurden konventionelle Landwirtschaftsbetriebe ausgewählt, um ihre Einstellungen, Bedürfnisse und Bereitschaft zur Nutzung von Recyclingdüngemitteln zu untersuchen. Es wurden Expert\*inneninterviews geführt und qualitativ ausgewertet, um ein Überblick über relevante Akzeptanzfaktoren zu erlangen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Akzeptanz der Betriebe gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Darunter wirtschaftliche und technische Faktoren, als auch gesetzliche Vorschriften und Faktoren der gesellschaftlichen Akzeptanz. Die Landwirt\*innen aus der Region Barnim, Brandenburg, sind aufgeschlossen gegenüber den Düngemitteln. Sie befürworten besonders ihr Potenzial, um regionale Nährstoffkreisläufe zu schließen, stellen aber die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit in Frage.

Bis zu einer In-Verkehr-Bringung der Düngemittel, müssen noch einige Hürden im Bereich der Produktentwicklung und der gesellschaftlichen Akzeptanz überwunden werden. Die Ergebnisse können dazu beitragen, die Recyclingdüngemittel an die Bedürfnisse der Betriebe anzupassen und regionale Strategien zur Förderung der Akzeptanz zu entwickeln.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Forschungsfrage und Zielsetzungen .....	2
<b>2 Stand des Wissens</b> .....	<b>3</b>
2.1 Mineraldüngerproblem .....	3
2.1.1 Landwirtschaftliche Düngung.....	3
2.1.2 Planetare Grenzen und Auswirkungen .....	5
2.2 Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen.....	6
2.2.1 Kreislaufwirtschaft.....	7
2.2.2 Klärschlamm .....	8
2.2.3 Recyclingdüngemittel aus Inhalten von Trockentoiletten der Finizio GmbH .....	10
2.3 Akzeptanzanalyse in der Landwirtschaft.....	16
2.3.1 Akzeptanzforschung .....	16
2.3.2 Faktoren, welche die Akzeptanz in der Landwirtschaft beeinflussen .....	18
<b>3 Methodik: Akzeptanzanalyse</b> .....	<b>23</b>
3.1 Entwicklung Interviewleitfaden für konventionelle Landwirtschaftsbetriebe .....	24
3.2 Datenerhebung durch Expert*inneninterviews .....	25
3.3 Datenauswertung anhand qualitativer Inhaltsanalyse.....	27
<b>4 Empirische Ergebnisse</b> .....	<b>29</b>
4.1 Beschreibung der befragten Landwirtschaftsbetriebe .....	29
4.2 Akzeptanz gegenüber der Recyclingdüngemittel .....	31
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>39</b>
5.1 Inhaltliche Diskussion.....	40
5.2 Methodische Diskussion.....	43
5.3 Fazit.....	44
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>44</b>
<b>Persönliche Erklärung</b> .....	<b>46</b>

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Nährstoffkonzentrationen H.I.T. und Flüssigdünger Finizio GmbH .....	13
Tabelle 2: Akzeptanzfaktoren .....	17
Tabelle 3: Akzeptanzfaktoren gegenüber Phosphor-Recyclingdünger im Ökologischen Landbau .....	18

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Nährstoffkreislauf im landwirtschaftlichen Betrieb .....	4
Abbildung 2: Phosphorkreislauf und menschliche Eingriffe.....	7
Abbildung 3: Die Pilotanlage Recyclingdünger im Überblick.....	13
Abbildung 4: Universalstreuer mit Streutellern zur Breitverteilung .....	21
Abbildung 5: Qualitativ strukturierende Inhaltsanalyse.....	28

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die planetaren Phosphorbestände werden in naher Zukunft aufgebraucht sein und die synthetische Herstellung von Stickstoff ist zu energieintensiv, wenn wir weiterhin so wirtschaften wie bislang. Ein Großteil des verbrauchten Stickstoffs (N) und Phosphors (P) wird als Mineraldünger in der Landwirtschaft eingesetzt. Dort dient er den Pflanzen als essenzieller Grundbaustein zum Wachstum (Knittel und Albert 2003). Wir benötigen diese Pflanzen als Nahrungsmittel. Wenn aber in einigen Jahren keine Phosphorbestände mehr vorhanden und die Stickstoffverfügbarkeit wegen Energiekrisen zu kostspielig geworden sind, wird die Weltbevölkerung noch stärker von einer Nahrungsmittelkrise betroffen sein.

Die Recyclingdüngemittel der Finizio GmbH im Barnim, Brandenburg, sind eine Innovation für die Kreislaufwirtschaft und Stickstoff- und Phosphorrückgewinnung. Die Finizio GmbH hat ein System entwickelt, mit dem wichtige pflanzenverfügbare Düngemittel aus menschlichen Ausscheidungen recycelt werden können. Denn ein Großteil des Stickstoffs und Phosphors, welchen wir aus der Nahrung aufnehmen, scheiden wir am Ende wieder aus (Kraus et al. 2019). Dieser landet im Abwasser und wird damit unbrauchbar. Für eine nachhaltige und ressourcensparende Zukunft ist es essenziell, diese Nährstoffe zu sichern und wieder nutzbar zu machen.

Das Recycling von menschlichen Ausscheidungen ist jedoch mit vielen Hürden verbunden. Diese sind nicht allein rechtlicher Natur, sondern vor allem Hürden der gesellschaftlichen Akzeptanz. Wenn die Düngemittel Abnahme und Nutzen finden wollen, muss die gesellschaftliche Akzeptanz Stück für Stück verbessert werden. Es gibt unterschiedliche Ebenen der Akzeptanz, welche in der Arbeit untersucht und differenziert werden. Unter anderem die Hygiene der Düngemittel: Menschliche Ausscheidungen sind mit Traumata und Ekel verbunden. Die Vorstellung, dass die Nahrung, welche wir zu uns nehmen, mit unseren eigenen Ausscheidungen gedüngt wird, stellt für viele Menschen ein Problem dar. Eine weitere Hürde liegt in der Wirtschaftlichkeit der Düngemittel: für die landwirtschaftliche Nutzung müssen die Düngemittel eine bestimmte minimale Düngewirkung erzielen und einen bestimmten maximalen Preis kosten, damit sie benutzt werden würden.

Die gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen ist noch weitgehend wissenschaftlich unerforscht. Sie ist aber notwendig, um die Produktentwicklung und damit die Innovation voranzutreiben. Daher soll in dieser Arbeit erforscht werden, inwieweit Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen bei konventionellen Landwirtschaftsbetrieben im Barnim, Brandenburg, Akzeptanz finden, um hierdurch eine regionale landwirtschaftliche Perspektive für die Düngemittel der Finizio GmbH zu ermitteln.

## **1.2 Forschungsfrage und Zielsetzungen**

Die wissenschaftliche Fragestellung, welche mit der Arbeit beantwortet werden soll, lautet:

„Über welche Produkteigenschaften sollten Recyclingdünger aus menschlichen Ausscheidungen verfügen, um von konventionellen Ackerbaubetrieben im Barnim, Brandenburg, akzeptiert zu werden?“

Um diese Frage zu beantworten, wird zu Beginn die Bedeutung und das Potenzial von Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen für regionale Nährstoffkreisläufe dargestellt. Anschließend gibt die Arbeit Aufschluss über die Wichtigkeit der gesellschaftlichen Akzeptanz im Prozess der Produktentwicklung von innovativen Recyclingdüngemitteln. Eine wichtige Zielgruppe sind hierbei die konventionellen Landwirtschaftsbetriebe. Anhand einer qualitativen Befragung mit konventionellen Landwirtschaftsbetrieben aus der Region Barnim sollen Rückschlüsse auf Produkteigenschaften gezogen werden, welche die Nutzungsbereitschaft, und damit die Akzeptanz, der Landwirt\*innen erhöht. Aus den erhobenen Ergebnissen sollen abschließend die Forschungsfrage beantwortet und Handlungsempfehlungen für die Produktentwicklung der Finizio GmbH formuliert werden.

## **2 Stand des Wissens**

### **2.1 Mineraldüngerproblem**

Die Landwirtschaft ist für die Produktion menschlicher Nahrungsmittel verantwortlich. Um die Produktion von pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen für die Nahrungsmittelherstellung durchführen zu können, ist ein gesunder Boden die wichtigste Grundlage. Er speichert die notwendigen Nährstoffe im Oberboden und macht sie damit für die Pflanzen zugänglich. Die moderne Landwirtschaft wirtschaftet zum Großteil sehr intensiv und sorgt dafür, dass der Boden immer stärker ausgezehrt wird und damit die Funktionen der Nährstoff- und Wasserspeicherung geschwächt werden (Vandré et al. 2008). Um dem entgegenzuwirken, wird der Boden regelmäßig von den Landwirt\*innen bearbeitet und gedüngt. Somit sollen die natürlichen Regenerationsprozesse angeregt und die Nährstoff-Defizite ausgebessert werden. Zusätzlich zu Düngemitteln tierischer Herkunft (z.B. Stallmist, Gülle) haben sich mineralische Düngemittel etabliert. Sie enthalten hochkonzentrierte Nährstoffe und können dadurch bedarfsgerecht und gezielt eingesetzt werden. Für die Pflanzenproduktion sind insbesondere Stickstoff und Phosphor von großer Bedeutung. Stickstoff ist eine maßgebliche Ertragskomponente. Nach Kraus et al. (2019) wird Phosphor in der Pflanze für zahlreiche zentrale Prozesse und Strukturen benötigt, z.B. Energiestoffwechsel, Zellwandaufbau, DNA-Aufbau.

#### **2.1.1 Landwirtschaftliche Düngung**

In jedem landwirtschaftlichen Betrieb gibt es Nährstoffkreisläufe. Jeder Betriebszweig enthält Nährstoffe, benötigt Zugaben und erzeugt daraus wiederum Neue. Beispielsweise benötigt eine Milchviehhaltung Futtermittel, welche aus eigenem Anbau stammen können oder zugekauft werden, und erzeugt daraus einerseits tierische Lebensmittel, welche an einen Absatzmarkt verkauft werden, und andererseits Wirtschaftsdünger, welche wiederum dem Anbau der Pflanzen dienen. Ein Ziel jeder landwirtschaftlichen Produktion ist, alle Nebenprodukte der Produktion wiederzuverwenden und dadurch Nährstoffausträge so gering wie möglich zu halten. Durch den Verkauf von Lebensmitteln entstehen aber notwendigerweise Nährstoffausträge. Daher müssen Nährstoffe von außen zugegeben werden, um den Kreislauf wiederherzustellen.



Abbildung 1: Nährstoffkreislauf im landwirtschaftlichen Betrieb (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2014)

Eine Quelle, um die Nährstoffeinträge und -austräge auszugleichen, ist die Düngung der Pflanzenbestände. Die Nährstoffe, welche der Boden auf natürliche Weise nicht liefern kann, werden über Düngemittel zugefügt, um das Wachstum der Pflanzen in den gewünschten Vegetationsperioden zu ermöglichen. Die meisten landwirtschaftlichen Betriebe halten Tiere. Die Ausscheidungen der Tiere werden im Stall gesammelt und können als Düngemittel wiederverwendet werden. Hierbei spricht man von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Jauche, Stallmist). Diese haben aufgrund ihres organischen Ursprungs eine gute Pflanzenverfügbarkeit und sind beliebte Düngemittel, weil sie auf innerbetrieblichen Nährstoffkreisläufen beruhen. Hält ein Betrieb keine Tiere oder reichen die eigenen Wirtschaftsdünger nicht aus, müssen Düngemittel mineralischen oder synthetischen Ursprungs eingesetzt werden. Beim Phosphat sind diese „drei Produkte auf dem Weltmarkt führend:

1. Rohphosphat: direkt als Dünger ausgebracht oder in den Importregionen aufbereitet. Es stammt meistens aus Nordafrika.

2. Phosphorsäure: Flüssiges Produkt, lässt sich leichter verladen und transportieren als granuliertem Festdünger. P-Säure wird selten direkt als Dünger eingesetzt, sondern meistens aufbereitet.

3. Phosphatdünger: DAP (Diammoniumphosphat) mit einem Gehalt von 18+46 und MAP (Monoammonphosphat) 11+52 sind hochkonzentrierte NP-Dünger.“ (Knittel und Albert 2003, S.233)

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass der Betrieb auf den Zukauf von organischen Düngemitteln, wie Wirtschaftsdünger anderer Betriebe, Gärreste, oder gütegesicherte Komposte setzt (Kraus et al. 2019). Denn diese Düngemittel besitzen viele positive Eigenschaften die zur Erhaltung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit beitragen: sie verbessern die Bodenstruktur, bauen Humus auf, und werden nachhaltig und regional eingesetzt und hergestellt (Vandré et al. 2008). Aus ökologischer Perspektive sind diese Düngemittel von Vorteil gegenüber mineralisch-synthetischen Düngemitteln, welche allein auf die Nährstoffkonzentration im Boden wirken.

### **2.1.2 Planetare Grenzen und Auswirkungen**

Ein großes Problem, welches die Nutzung von mineralisch-synthetischen Düngemitteln mit sich bringt, ist, dass das aktuelle System zur Herstellung der Düngemittel nicht nachhaltig ist. Um die hohen Nährstoffabfuhr aus der Lebensmittelproduktion zu kompensieren, muss auf externe Rohstoffvorkommen zurückgegriffen werden. In Europa gibt es keine Rohphosphatvorkommen und daher importiert die deutsche Düngemittelindustrie Phosphat vor allem aus den Maghreb-Staaten und dem Nahen Osten (Kraus et al. 2019). Es kann als Rohphosphat aus Lagerstätten sedimentären Ursprungs gewonnen werden und ist eine fossile, endliche Ressource, welche zu erschöpfen droht. Nach Knittel und Albert (2003) liegt der Verbrauch an Phosphat seit dem Düngjahr 1997/98 über der Produktion, das heißt, dass die Lagerbestände kontinuierlich abgebaut werden. Außerdem ist die Förderung kostenintensiv, der Rohstoff kann je nach Ursprungsort in hohem Maße mit toxischem Schwermetall wie Cadmium und Uran belastet sein und weist keine optimale Düngewirksamkeit auf (Kraus et al. 2019). Daher müssen Lösungen gefunden werden, um die Phosphor-Quellen für die landwirtschaftliche Nutzung zu diversifizieren und damit den Phosphat-Abbau zu reduzieren. Ein Systemwandel hin zur Nutzung von Phosphor-Recyclingdüngemitteln

und dem Handeln in Nährstoffkreisläufen wird für die landwirtschaftliche Düngung immer relevanter.

## **2.2 Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen**

Um alle möglichen Phosphorquellen für die Nahrungsmittelproduktion auszunutzen, reichen die bisherigen Recyclingwege nicht aus. Der Phosphatraubbau ist langfristig keine Lösung. Das Nutzen von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft wird bereits erfolgreich praktiziert. Eine weitere Herangehensweise, welche großes Potenzial aufweist, ist das Recyceln des Phosphors, welcher sich in menschlichen Ausscheidungen befindet. Ein Teil dessen wird bereits in Form von Klärschlamm auf die Felder gebracht. Dieser ist aber oftmals unzureichend hygienisiert und kann im Laufe der Jahre Schadstoffbelastungen in den Boden und damit in die Lebensmittel bringen. Außerdem ist diese Art des Recyclings ausbaufähig, da sie nicht den gesamten Phosphor erhalten kann und sehr energieaufwändig ist (Kraus et al. 2019). Daher werden aktuell alternative Wege des Phosphorrecyclings aus menschlichen Ausscheidungen erprobt. Einerseits werden die Kläranlagen zukünftig neue Verfahren etablieren, um das Nährstoffrecycling noch umfassender zu machen. Andererseits gibt es Bestrebungen menschliche Ausscheidungen aus Trockentoiletten gesondert vom Abwasserweg zu recyceln.

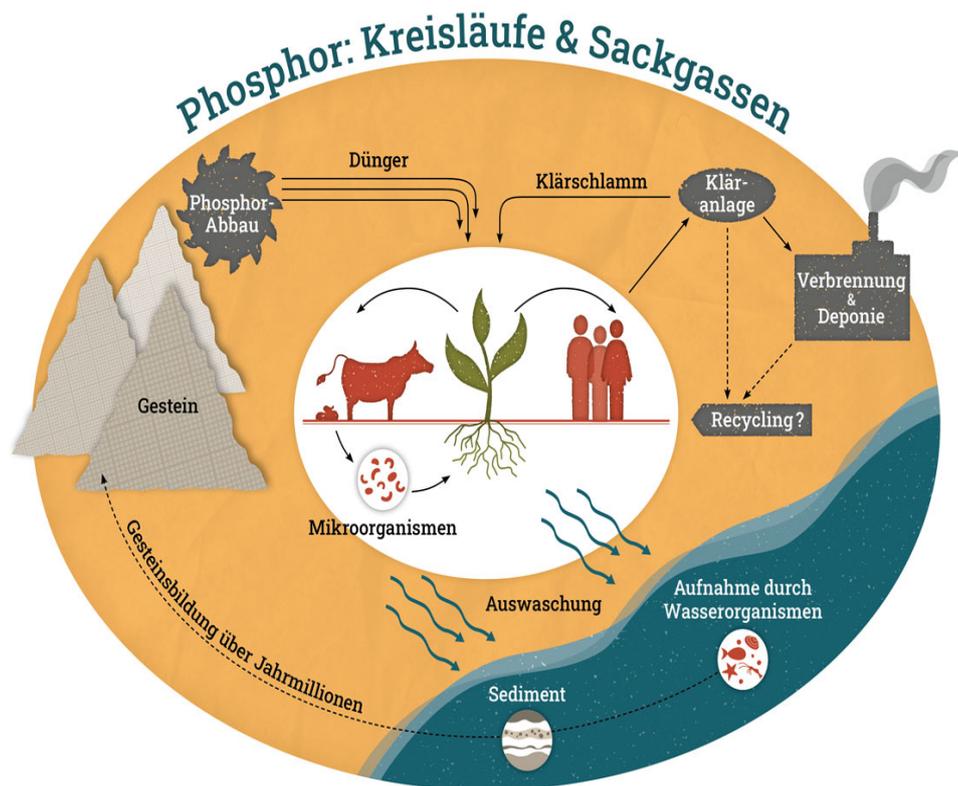


Abbildung 2: Phosphorkreislauf und menschliche Eingriffe (HGMedien und Peick 2021)

### 2.2.1 Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft ist ein Konzept, welches darauf ausgelegt ist, Ressourcen wiederzuverwenden und damit die natürlichen und endlichen Ressourcenvorkommen zu schonen. In Kreisläufen zu wirtschaften, ist ein Mittel um Abfälle zu vermeiden, Wiederverwertung anzuregen und klimaneutraler zu wirtschaften. Dieses Ziel hat sich die EU im Konzept des „Green Deal“ (2019) und dem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (2020) vorgenommen. In Deutschland schließt man sich diesem Vorhaben an. Beispielsweise stehen im Ressourceneffizienzprogramm III (2020-2023) Ziele zur Weiterentwicklung der Abwasser- und Abfallbehandlung, um zukünftig Phosphor und andere Wertstoffe effektiver zurückgewinnen zu können (Adam et al. 2023). Kraus et al. (2019, S.18) sagen, dass „insbesondere in Bezug auf den Nährstoff Phosphor die Erschließung von Recyclingprodukten aus kommunalen Abwässern eine regionale und praktikable Option zur Schließung des Nährstoffkreislaufs sein [kann].“

### **2.2.2 Klärschlamm**

Ein großer Schritt, um die regionalen Nährstoffkreisläufe zu schließen wäre, die menschlichen Ausscheidungen stärker mit einzubeziehen. Ein Großteil des Phosphors, welchen die Menschen durch die Nahrung zu sich nehmen, gelangt über die Ausscheidungen in das Abwassersystem. Dieser Phosphor wird in Kläranlagen zu etwa 90% im Klärschlamm gesammelt (Kraus et al. 2019). Klärschlamm ist als Düngemittel in der konventionellen Landwirtschaft erlaubt und die Ausbringung fachlich erprobt. Jedoch kann die Ausbringung von Klärschlamm auch bodenschädliche Veränderungen nach sich ziehen. Beispielsweise aufgrund unzureichender Hygienisierung. Klärschlamm ist dann unzureichend hygienisiert, wenn er erhöhte Schadstoff- und Schwermetallwerte aufweist. Werden gewisse Grenzwerte überschritten, darf er nicht als Düngemittel ausgebracht werden und muss auf der Deponie entsorgt werden. Deshalb wird es in der Klärschlammverwertung in den kommenden Jahren eine starke Umstellung geben.

„Die im Jahr 2017 beschlossene Klärschlammverordnung (AbfKlärV) sieht für Kläranlagen größer 100.000 Einwohnerwerte (EW) ab dem Jahr 2029 und für Kläranlagen größer 50.000 EW ab dem Jahr 2032 eine verpflichtende Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm bzw. dessen Verbrennungssasche vor.“ (Kraus et al. 2019, S.19)

Das heißt, dass die Klärschlammverwertung als Düngemittel eingeschränkt wird und technologische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung angestrebt werden.

### **Recyclingdüngemittel aus Klärschlamm**

Ein bekanntes und wissenschaftlich erprobtes Recyclingdüngemittel aus Klärschlamm ist Struvit. Struvit kann auf unterschiedlichen Wegen gewonnen werden. Ursprünglich ist es ein Nebenprodukt, welches sich an den Wänden im Inneren der Aggregat-Rohre ansammelt und dort verkrustet. Diese Ansammlungen haben einen hohen Phosphat- und einen geringen Stickstoff-Anteil. Die Inkrustation muss regelmäßig zur Reinigung beseitigt werden, um die Funktionalität der Anlage beizubehalten. Das gewonnene Material kann aufbereitet als Düngemittel eingesetzt werden (Kraus et al. 2019). Es ist ein kostengünstiges Düngemittel, das sich schnell ausbringen lässt und eine gute Handhabung für die bereits vorhandenen Düngemaschinen bietet. Die chemische Zusammensetzung ermöglicht eine langsame Freisetzung der Nährstoffe. Das heißt, die

Nährstoffe können über eine lange Zeit die Versorgung der Pflanze sicherstellen (Kraus et al. 2019).

Ein weiteres Recyclingdüngemittel wäre Klärschlammasche. Nachdem Klärschlamm entwässert wird, kann er verbrannt werden. Die dabei entstehende Asche besteht vorwiegend aus Phosphat, Silikat, Calcium, Eisen und Aluminium. Aufbereitet können daraus Phosphorsäure und Derivate erzeugt werden, welche zur Düngung geeignet wären (Kraus et al. 2019). Obwohl Klärschlammasche geringe Nährstoffgehalte und eine schlechte Handhabbarkeit als Düngemittel aufweist, ist davon auszugehen, dass das Phosphorrecycling aus Klärschlammasche durch die Klärschlammverordnung (Abf-KlärV) forciert wird (Kraus et al. 2019).

## **Rechtliches**

Das Klärschlammgesetz regelt die Verwendung von Klärschlamm als Düngemittel in Deutschland. Die Düngemittelverordnung (DüV 2017) weist Klärschlamm flüssig (<15%TM) und Klärschlamm fest (>15%TM) als organische Düngemittel aus. Seit 2017 ist der Einsatz von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen durch die Klärschlammverordnung eingeschränkt. Somit ist die Nutzung unter Berücksichtigung bestimmter Vorschriften gesetzlich geregelt. Nach Knittel und Albert (2003, S. 259-260), gibt es für die „Ausbringung von Sekundärrohstoffdünger (z.B. Klärschlamm), folgende Regelungen:

- Minimierung der NH<sub>3</sub> Emissionen durch verlustmindernde Ausbringetechnik, Berücksichtigung von Vegetation und Witterung sowie unverzügliche Einarbeitung auf unbestelltem Ackerland
- nach Ernte der Hauptfrucht im Herbst: Applikation nur zur wachsenden Pflanze oder Strohrotte in einer Ausbringemenge von max. 40kg NH<sub>4</sub>-N/ha bzw. 80kg gesamt N/ha
- keine Ausbringung im Winter (Sperrfrist 15.11.-15.01.)“

Außerdem gelten strenge Grenzwerte für Schwermetall- und anderen Schadstoffbelastungen im Klärschlamm. Sind diese Werte überschritten, ist die Ausbringung untersagt.

Um Recyclingdüngemitteln aus Klärschlamm wie z.B. Struvit zu verbreiten, benötigt es, abgesehen von der formalen Zulassung und rechtlichen Anforderungen, vor allem die Akzeptanz der Akteur\*innen in der Landwirtschaft. Struvit ist das derzeit einzig verfügbare Produkt im Bereich anorganischer Recyclingdünger. Seine Abnahme hält sich aber aktuell in Grenzen, aufgrund geringer Bekanntheit, begrenzter Verfügbarkeit und fehlender politischer und gesellschaftlicher Unterstützung. Die mangelnde Akzeptanz auf Seite der Landwirt\*innen begrenzt die Nachfrage ebenso (Kraus et al. 2019).

### **2.2.3 Recyclingdüngemittel aus Inhalten von Trockentoiletten der Finizio GmbH**

Um eine Alternative zum verbreiteten Abwassersystem zu schaffen, befasst sich die Firma Finizio GmbH mit Standort in Eberswalde, Brandenburg, mit dem Sammeln von menschlichen Ausscheidungen aus Trockentoiletten. Unterstützt wird ihr Vorhaben durch das Forschungsprojekt ZirkulierBar.

Der Wasserverbrauch einer gewöhnlichen Toilettenspülung ist extrem hoch und macht ungefähr ein Drittel des täglichen Trinkwasserbrauchs eines in Deutschland lebenden Menschen aus (Krause et al. 2021). Mit Hinblick auf die mit dem Klimawandel einhergehende Wasserknappheit ist es dringend notwendig, den Trinkwasserverbrauch zu verringern und eine wasserintensive Klospülung zu überdenken. Im System der Finizio GmbH werden die Ausscheidungen separat ohne Wasserverdünnung gesammelt. Dieses Vorgehen vereinfacht den Recyclingaufwand. Im bestehenden Abwassersystem werden alle Abwässer vermischt. Die menschlichen Ausscheidungen und Trinkwasser (Schwarzwasser), mit Abwasser aus dem Haushalt (Spül- und Waschmaschine, Dusche, etc.) (Grauwasser), mit dem Abwasser der Straßen, der Industrie und dem Regenwasser (Adam et al. 2023). Die wertvollen Nährstoffe der Ausscheidungen werden dadurch mit viel Wasser verdünnt und können in Kontakt kommen mit Schadstoffen, Schwermetallen und Reinigungsmitteln. Diese dann aufzubereiten ist aufwändig und gänzlich zu hygienisieren meist nicht möglich. Das Ziel der Finizio GmbH ist eine effiziente und energiesparende Aufbereitung von Abwässern und Abfällen, so dass daraus schadlose landwirtschaftliche Düngemittel entstehen können. Sie entwickelt einen Weg, um Inhalte aus Trockentoiletten aufzubereiten und Keime und Spurenstoffe effektiv zu eliminieren (Adam et al. 2023). Trotz der revolutionären Ansätze, welche das System der Finizio GmbH verfolgt, ist anzumerken, dass eine Sanitär- und

Nährstoffwende nur stattfinden kann, wenn sowohl das Nährstoffrecycling in den Kläranlagen, als auch der Ausbau und das Recycling von Inhalten aus Trockentoiletten vorangebracht wird.

### **Herstellungsprozess und Hygienisierung**

Die Herstellung der Recyclingdünger findet auf dem Gelände der Kreiswerke Barnim GmbH statt. Aktuell wird ein Großteil der menschlichen Ausscheidungen, welche auf dem Gelände recycelt werden, auf Festivals gesammelt. Die Finizio GmbH stellt dafür gewerblich die Trenntoiletten und die Betreuung der Toiletten zur Verfügung und bekommt dafür die wertvollen Rohstoffe für den Recyclingprozess. Der Kot wird dabei mit unterschiedlichen Stoffen in großen Mülltonnen gesammelt. Hier können Strohmehl, Pellets, Sägespäne, etc. genutzt werden. Ziel ist, die Flüssigkeit aufzusaugen und Fäulungsprozessen entgegenzuwirken. Der Urin wird durch ein Trenneinsatz in den Kloschüsseln oder ein Drainagesystem getrennt gesammelt.

Auf der Anlage werden die Feststoffe aus den Mülltonnen in einem großen Container unter Hitzebehandlung hygienisiert. Hierbei bläst eine Belüftung durch das Material. Dies bietet perfekte Bedingungen für die darin befindlichen Mikroorganismen. Durch die hohe Aktivität der Mikroorganismen entstehen Temperaturen von über 70°C, welche sämtliche Krankheitserreger wie bspw. Salmonellen oder E. coli Bakterien abtöten. Nach einer Woche ist das Material hygienisiert und kann weiterverarbeitet werden (zirkulierBar 2024). Nach der Hygienisierung folgt die Kompostierung. Das Material wird in Mieten angehäuft, um im nächsten Schritt mit Grünschnitt, Pflanzenkohle und Tonmineralen angereichert zu werden. Diese liefern Nahrung für die Mikroorganismen, welche die Humifizierung durchführen. Tonminerale speichern die Nährstoffe aus dem Kompostierungsprozess und können diese bei der Düngung wieder an die Pflanzen abgeben. Im Optimalfall soll ein Verhältnis von 10% Tonmineralen, 10% fertigem Humusdünger, 35% Feststoffen (50% Kot zu 50% Strohmehl und Klopapier), 10% frische Wiesenmahd und 35% Grünschnitt, optional 10-20% Pflanzenkohle entstehen. Das Material wird regelmäßig und automatisiert gewendet, um die Sauerstoffanreicherung (mind. 5%) und Feuchtigkeit (mind. 55-60%) in der Miete sicherzustellen. Damit wird einer Gasbildung von Ammoniak, Lachgas und Methan (und damit Nährstoffverlusten) entgegengewirkt. Die Mieten dürfen eine Breite von 2m nicht überschreiten. Bei einer größeren Miete würden die Poren des Materials zerdrückt werden und die Miete

könnte nicht mehr atmen und die Durchmischung und Zugabe von Stoffen nicht mehr homogen erfolgen. Das Material wird die ersten 20 Tage täglich gewendet und ruht dann sechs bis acht Wochen. Hierbei wird regelmäßig kontrolliert, dass Maximaltemperaturen von 65°C nicht überschritten werden. Eine Temperatur von über 70°C würde die Mikroorganismenaktivität und damit den Humifizierungsprozess einschränken. Abschließend entsteht ein qualitätsgesicherter Humusdünger, welcher für die Düngung in der Landwirtschaft genutzt werden könnte (Calmet und Grebner, mdl. Mitt. v. 18.10.2023).

Für die Urinaufbereitung orientiert sich die Finizio GmbH an dem Herstellungsverfahren der Vuna GmbH. Diese produziert Flüssigdünger aus Urin in der Schweiz und hat dort die rechtlichen Grundlagen geschaffen, um das Produkt auf dem Markt anbieten zu können. Der Urin durchläuft ein mehrschrittiges Verfahren, um zu einem Mehrnährstoffdünger zu werden. Im ersten Schritt wird der Stickstoff nach einem biologischen Verfahren durch Mikroorganismen stabilisiert und wandelt den im Urin enthaltenen Harnstoff in pflanzenverfügbare Nährstoffe um (Nitrifikation). Anschließend erfolgt eine Behandlung mit Aktivkohle, welche die Medikamentenrückstände und Hormone entfernt. Zuletzt eliminiert ein Verdampfer die Krankheitskeime und reduziert das Volumen des Düngemittels. Dabei entstehen destilliertes Wasser und Aurin – der Flüssigdünger (Vuna 2024).

Die Pilotanlage (siehe Darstellung 3) der Finizio GmbH ist darauf ausgelegt die Produktion des Humusdüngers und Flüssigdüngers zu erforschen. Das Forschungsprojekt ZirkulierBar begleitet die einzelnen Schritte der Herstellung wissenschaftlich und erprobt, wie qualitätssichere und langfristig haltbare Düngemittel aus menschlichen Ausscheidungen hergestellt werden können. Vor allem das Skalieren auf größere Maßstäbe steht im Fokus. Denn für die Sanitär- und Nährstoffwende soll erprobt werden, welche Kapazitäten eine solche Anlage verarbeiten kann.

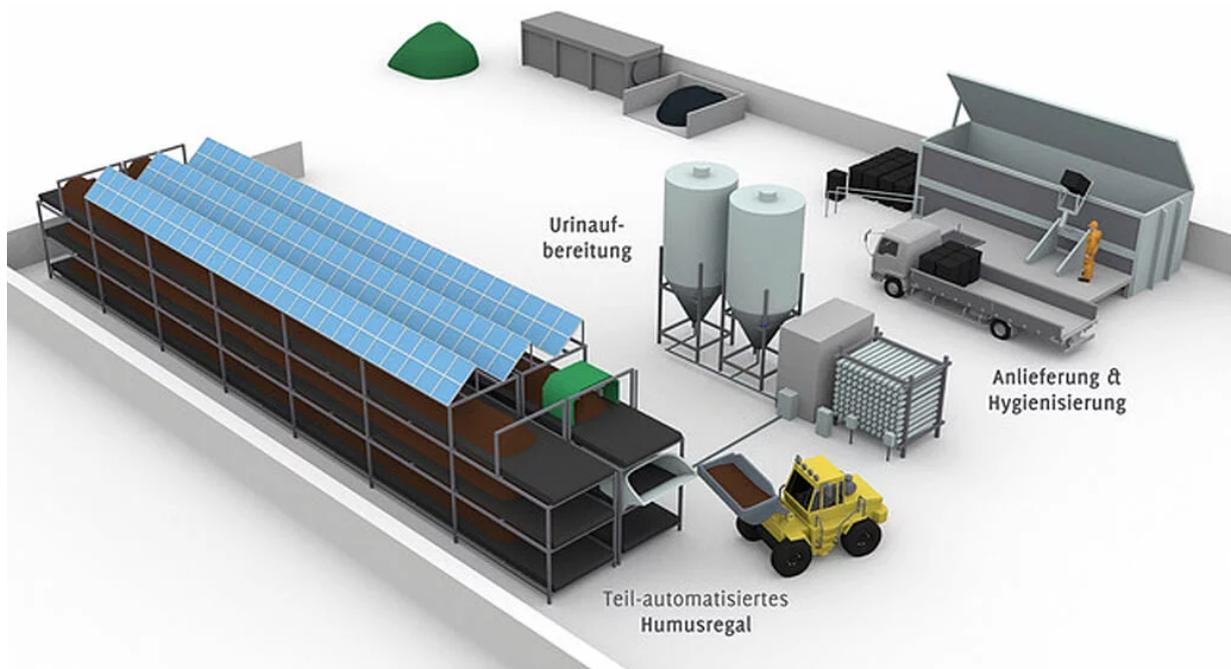


Abbildung 3: Die Pilotanlage Recyclingdünger im Überblick (zirkulierBar 2024)

## Eigenschaften

Mit den aktuellen Mitteln stellt die Finizio GmbH Humusdünger aus Inhalten aus Trockentoiletten (H.I.T.) und Flüssigdünger aus Urin mit folgenden Nährstoffkonzentrationen her:

	H.I.T.	Flüssigdünger
Stickstoff (N)	1,5%	4,2%
Phosphor (P)	0,7%	0,175%
Kalium (K)	1,1%	1,49%

Tabelle 1: Nährstoffkonzentrationen H.I.T. und Flüssigdünger Finizio GmbH (eigene Anfertigung nach Searles, mdl. Mitt. v. 27.10.2023)

Nach aktuellem Forschungsstand ist die Düngewirkung der Dünger kombiniert ausgebracht vergleichbar mit üblichen Mineraldüngern (Häfner et al. 2023). Auf der Anlage können aktuell 250t H.I.T./Jahr produziert werden. Potenziell könnten im Landkreis Barnim 30 000t H.I.T./Jahr erzeugt werden. Ziel der Betreiber\*innen ist es, bis 2050 akkumuliert 1 Mio. Tonnen Kompost zu erzeugen (Searles, mdl. Mitt. v. 27.10.2023). Die Düngemittel sind hygienisch unbedenklich, da sich die Finizio GmbH bei der Herstellung an die Vorgaben einer mitentwickelten DIN SPEC 91421 „Qualitätssicherung von Recyclingdüngemitteln aus Trockentoiletten zur Anwendung im Gartenbau“ hält. Damit die durch die Düngung entstehenden Lebensmittel gesundheitlich unbedenklich

sind, sind hier Produktstandards definiert, welche erfüllt sein sollten, wenn die Düngemittel in der Pflanzenproduktion zur Lebensmittelherstellung angewandt werden. Im Kapitel Anforderungen der DIN SPEC werden Grenzwerte und Mindestgehalte für Seuchenhygiene und Infektionsschutz (Pathogene), Pflanzenhygiene (Unkrautsamen, Phytopathogene) und Schadstoffarmut (Medikamentenrückstände, Hormonrückstände) festgelegt, an welche sich Hersteller der Düngemittel halten sollten (Schröder 2020).

## **Rechtliche Hürden**

Aktuell ist das Ausbringen der Düngemittel der Finizio GmbH rechtlich nicht erlaubt. „Nur die in der geltenden Fassung der DüMV als zulässig gelisteten Ausgangsmaterialien dürfen für die Düngerherstellung verwendet werden (vgl. insbes. Tabellen 7 ff. der Anlage 2 der DüMV). Für nicht gelistete Stoffe gilt ein Anwendungsverbot. Davon umfasst sind menschlicher Kot und Urin als Ausgangsstoff und somit auch der daraus entstehende Recyclingdünger (vgl. § 3 (1) DüngG).“ (Adam et al. 2023, S.4)

In Forschungsvorhaben werden bereits erste Düngerversuche auf Ackerflächen durchgeführt. Bis eine vollständige Legalisierung und gewerblicher Verkauf der Düngemittel vollzogen werden kann, müssen aber noch einige Hürden überwunden werden.

Die Grundlage des deutschen Abfallrechts ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Dieses bezweckt unter anderem das Recycling von Abfällen und ist ebenso Grundlage für die Verwertung oder Entsorgung menschlicher Ausscheidungen. In einer Rechtsprechung des KrWG werden Inhalte aus Trockentoiletten dem Abwasser zugeordnet (Adam et al. 2023). Dadurch sollen die gesammelten Inhalte an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger übergeben werden (Kläranlagen). Das Ziel der Finizio GmbH ist aber nicht die Entsorgung der Inhalte, sondern eine Verwertung und Recycling. Dazu müssten die Inhalte der Trockentoiletten laut KrWG den Abfällen zugeordnet werden. Abfälle bieten die Option als Recyclingdünger stofflich aufbereitet werden zu dürfen (Adam et al. 2023). Die Rechtsprechung ist auch dahingehend nicht nachvollziehbar, da im KrWG die Abfallhierarchie (§6 KrWG) und das Verwertungsgebot (§7(2) KrWG) verfolgt werden sollen. Diese stellen eine Verwertung und ein Recycling über die Entsorgung. Die Einstufung der Inhalte als Abwasser schließen Verwertung und Recycling aber aus (Adam et al. 2023).

Das Hauptproblem, weshalb Inhalte aus Trockentoiletten nicht als recycelfähige Abfälle eingestuft werden, ist, dass für die stoffliche Verwertung keine Ordnungsmäßigkeit und Schadlosigkeit besteht (Adam et al. 2023). „Um die Ordnungsmäßigkeit einhalten zu können, müsste es einen zulässigen Verwertungsweg geben im KrWG (einschl. untergesetzlichem Regelwerk) oder anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften.“ (Adam et al. 2023, S.4) In der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) ist ein zulässiger Verwertungsweg für Klärschlamm aufgezeigt. Klärschlamm enthält ebenso menschliche Ausscheidungen. Hier könnte also auf eine bereits bestehende Ordnungsmäßigkeit zurückgegriffen werden (Adam et al. 2023). Um die Schadlosigkeit der Recyclingdüngemittel aus Inhalten von Trockentoiletten beweisen zu können, sind alle Akteur\*innen bemüht. Mit Feldversuchen wird die Wirkung der Recyclingdüngemittel auf die Bodengesundheit der behandelten Böden langjährig überprüft. Es wurde bereits eine DIN SPEC 91421 entwickelt und die Arbeit an einer DIN-Norm aufgenommen, um Produktstandards für die Herstellung von Recyclingdüngemitteln zu definieren. Die Recyclingdüngemittel der Finizio GmbH werden mit großer Sorgfalt hygienisiert und Herstellungsverfahren etabliert, welche energieeffizient und qualitätssicher arbeiten. Auf rechtlicher Ebene begegnen sie aber Herausforderungen und werden damit essenziell an der In-Verkehr-Bringung ihrer Düngemittel gehindert, währenddessen Klärschlamm aus Kläranlagen, welcher unzureichend hygienisiert ist, und Gülle, mit Medikamentenrückständen aus der Tierhaltung, auf die Felder gebracht werden. Dieser Widerspruch ist unübersehbar.

## **Produktentwicklung**

Die Finizio GmbH arbeitet mit der Hilfe des ZirkulierBar Forschungsprojekts an der In-Verkehr-Bringung von Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen. Hierfür gibt es verschiedene Ebenen, die das Produkt durchlaufen muss, bis es zur landwirtschaftlichen Düngung genutzt werden kann. Das Kompostieren von menschlichen Ausscheidungen zu Düngemitteln, getrennt und ohne Wasser, ist eine technologische Innovation. Damit die Innovation auf dem Markt erscheinen kann, müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen gegeben sein. Damit sie aber gekauft und benutzt werden würden, muss die Akzeptanz der potenziell Nutzenden gegenüber der Innovation gegeben sein (Searles, mdl. Mitt. v. 27.10.2023). Die Produktentwicklung der Recyclingdünger muss sich an die Bedürfnisse der potenziell Nutzenden anpassen, sonst würden die Düngemittel keine Abnahme finden. Deshalb konzentriert sich diese Arbeit

auf die Akzeptanz der potenziell Nutzenden, der konventionellen Landwirtschaftsbetriebe.

### **2.3 Akzeptanzanalyse in der Landwirtschaft**

Die Akzeptanz der konventionellen Landwirtschaftsbetriebe gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen hängt von verschiedenen Faktoren ab. Grundsätzlich sind hier die gesellschaftliche Akzeptanz, der technologische Fortschritt (Düngewirkung, Herstellungsverfahren, usw.), die Wirtschaftlichkeit und besonders ausschlaggebend die rechtlichen Vorschriften zu nennen. Je besser diese Faktoren auf die Bedürfnisse der Landwirt\*innen angepasst sind, desto höher wird die Akzeptanz gegenüber dem Düngemittel sein.

#### **2.3.1 Akzeptanzforschung**

Nach Quiring (2006) setzt die sozialwissenschaftliche Akzeptanzforschung vor allem bei den potenziell Nutzenden von Innovationen an. Das Ziel dabei ist, die Gründe für eine Annahme bzw. eine Ablehnung einer konkreten Innovation durch die Nutzenden zu erforschen. Dabei kann sie eine wichtige Rolle bei der Ausgestaltung der Innovation spielen. So können Erhebungen während der Produktentwicklung herausfinden, welche Bedürfnisse die Nutzenden gegenüber der Innovation haben. Daraufhin kann das Produkt der Innovation weiter an die Bedürfnisse der Nutzenden angepasst und damit die Wahrscheinlichkeit der Nutzung aufgrund größerer Akzeptanz erhöht werden.

In der Forschung wird zwischen zwei Akzeptanzbegriffen unterschieden: der Einstellungsakzeptanz und der Handlungsakzeptanz. Während es bei der Einstellungsakzeptanz, wie der Begriff schon andeutet, um die Einstellung der Nutzenden gegenüber der Innovation geht (z.B. Gefühle im Umgang mit der Innovation, Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen), geht es bei der Handlungsakzeptanz um tatsächlich beobachtbares Verhalten (z.B. wie oft wird die Innovation genutzt) (Quiring 2006). Da die Innovation der Finizio GmbH erst in Feldversuchen erprobt wird, kann hier hauptsächlich die Einstellungsakzeptanz untersucht werden. Jedoch könnten ähnliche markterprobte Produkte zum Vergleich hinzugezogen werden. Wenn zum Beispiel Landwirtschaftsbetriebe bereits andere Recyclingdünger aus menschlichen Ausscheidungen nutzen, kann hieran die Handlungsakzeptanz bemessen werden.

Für die Ausgestaltung der Innovation ist es von Nöten, die Faktoren, welche die Entstehung der Akzeptanz (Akzeptanzfaktoren) beeinflussen, genauer zu betrachten. Hier unterscheidet man zwischen Faktoren, welche a) das Akzeptanzsubjekt (die Nutzenden), b) das Akzeptanzobjekt (die Innovation) und c) den Kontext, in dem sie sich befinden, beeinflussen (Schäfer und Keppler 2013).

Typische Akzeptanzfaktoren, welche sich auf ... beziehen.

Das Akzeptanzsubjekt	Das Akzeptanzobjekt	Den Kontext
Erfahrungen und Erwartungen	Kosten und Nutzen des Einsatzes der Innovation (nicht nur auf finanzieller Ebene)	Soziale Prozesse in Akteur*innenkreisen der Innovation (bspw. Interessenkonflikte)
Normen und Wertvorstellungen	Mit dem Einsatz verbundenen Risiken	Soziales Umfeld mit Erwartungen an Verhaltensweisen
Emotionen (Affekte)	Bedienerfreundlichkeit	Art und Weise der Einführung der Innovation (Schulungen, Partizipationsmöglichkeiten, ...)
Soziodemografische Faktoren (Alter, Geschlecht, soziale Klasse, Bildung)	Eignung der Technik zur Bewältigung der zur erfüllenden Aufgabe	Gesamtgesellschaftlicher Kontext (Normen, Werte, rechtliche Rahmenbedingungen, Politik, ...)

Tabelle 2: Akzeptanzfaktoren (eigene Anfertigung nach Schäfer und Keppler 2013)

Bei der In-Verkehr-Bringung von Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen spielen alle der oben genannten Faktoren eine Rolle. Sie bestimmen die aktuelle Akzeptanz der Nutzenden (Landwirt\*innen) gegenüber der Innovation (Düngemittel) im gesellschaftlichen Kontext.

### 2.3.2 Faktoren, welche die Akzeptanz in der Landwirtschaft beeinflussen

Eine Studie von Jedelhauser (2015), welche sich mit der Akzeptanz von ökologisch wirtschaftenden Landwirt\*innen gegenüber Phosphor-Recyclingdüngemitteln beschäftigt, definiert neun potentiell relevante Akzeptanzfaktoren. Gewichtet wurden die Faktoren durch eine nachfolgende quantitative Erhebung:

Rang	Faktor	
	Rechtliche Zulässigkeit: Unbedingte Voraussetzung	Der recycelte P-Dünger ist nach EG-Öko-Verordnung zulässig und entspricht Bioland-Richtlinien.
1	Schadstofffreiheit:	Der recycelte P-Dünger ist frei von jeglichen Schadstoffen (Schwermetalle, Hormon-, Antibiotika-, Medikamentenrückstände, etc.).
2	Pflanzenbauliche Wirkung:	Der recycelte P-Dünger entspricht einer natürlichen bzw. organischen Düngform und ist demnach nicht wasserlöslich.
3	Energieaufwand:	Der Energieaufwand der Herstellung des recycelten P-Düngers ist gering.
4	Transparenz des Herstellungsprozesses:	Die Art und der Ablauf des Herstellungsverfahrens wird offengelegt und ist klar nachvollziehbar.
5	Streifähigkeit:	Der recycelte P-Dünger kann mit den gängigen Maschinen gut ausgebracht werden.
6	Preis:	Der Preis des recycelten P-Düngers ist niedrig.
7	Image:	Durch die Aufklärung der Öffentlichkeit ist eine Akzeptanz der Verbraucher und somit ein positives Image des recycelten P-Düngers erreicht.
8	Äußerlich erkennbarer Unterschied zu chemisch-synthetischen Mineraldüngern:	Das äußere Erscheinungsbild des recycelten P-Düngers unterscheidet sich von konventionellen Mineraldüngern, wodurch Verwechslungen ausgeschlossen werden.

Tabelle 3: Akzeptanzfaktoren gegenüber Phosphor-Recyclingdünger im Ökologischen Landbau (eigene Anfertigung nach Jedelhauser 2015)

Hätte man diese Erhebung mit konventionell wirtschaftenden Betrieben durchgeführt, gäbe es wahrscheinlich leichte Abweichungen bei den Faktoren und der Gewichtung, aber sie bietet trotzdem eine ausreichende Grundlage. Die dargestellten Faktoren lassen sich unter den drei Kategorien *Technologischer Fortschritt*, *Gesellschaftliche Akzeptanz* und *Wirtschaftlichkeit* bündeln.

### **Technologischer Fortschritt**

Einer der wichtigsten Faktoren für die Akzeptanz der Landwirt\*innen ist die *pflanzenbauliche Wirkung oder Düngewirksamkeit* der Recyclingdüngemittel. Intensiv wirtschaftende Betriebe benötigen jedes Jahr, um höchstmögliche Erträge in der Pflanzenproduktion zu erreichen, die optimale Menge an Nährstoffen in ihren Böden. Um diese zu erzielen, müssen die benutzten Düngemittel qualitätssicher und pflanzenverfügbar sein. In der konventionellen Landwirtschaft sind wasserlösliche Düngemittel erlaubt, jedoch erhöhen diese die Auswaschungsverluste (Folgeproblem: Eutrophierung/Nitratbelastung) (Kraus et al. 2019). Auch konventionelle Betriebe sind daran interessiert, die Nährstoffverluste zwischen gedüngter Nährstoffmenge und durch Pflanzen aufgenommene Menge so gering wie möglich zu halten. Außerdem sollten die Düngemittel ein hohes Maß an Effizienz mit sich bringen und mit so wenig Mitteln wie möglich das bestmögliche Ergebnis erzielen (Kraus et al. 2019).

Laut Kraus et al. (2019) ist die *Schadstofffreiheit* der Düngemittel kein realistischer Faktor. Es werden immer Anteile an Schadstoffen in den Düngemitteln vorhanden sein. Das Ziel ist diese so stark wie möglich zu eliminieren und Grenzwerte für die menschliche Gesundheit und die Gesundheit der Natur festzulegen, welche nicht überschritten werden dürfen. Die Landwirt\*innen müssen sicherstellen können, dass sich keine Überträger von Krankheitserregern oder Schadstoffen in den Düngemitteln befinden. Durch das Entwickeln einer DIN SPEC hat die Finizio GmbH hier bereits einen wichtigen Schritt hin zur Sicherung der Produktqualität und Definition von Schadstoffgehalten in den Düngemitteln gemacht.

Neben den Inhaltsstoffen ist die *Handhabung und Konsistenz* der Recyclingdüngemittel von entscheidender Bedeutung für die praktische Verwendung der Produkte in der Landwirtschaft. Die Düngemittel sollten so homogen sein, dass sie maschinell leicht und präzise verteilt werden können (Kraus et al. 2019). Um die Anforderungen der konventionell wirtschaftenden Betriebe an hohe Flächenleistungen und Genauigkeit

zu erfüllen, sollten die Düngepartikel eine klare äußere Form (Siebgröße), eine klare Dichte und eine hohe Abriebfestigkeit aufweisen (Kraus et al. 2019). Ist die Abriebfestigkeit des Düngemittels nicht gegeben wie z.B. bei pulverförmigem Rohphosphat, ist eine Ausbringung mit viel Staub belastet und nur teure pneumatische Düngerstreuer können eine hohe Ausbringungsgenauigkeit erzielen (Kraus et al. 2019).

Ein großer Einflussfaktor für die Akzeptanz der Landwirt\*innen wäre, wenn die Düngemittel der Finizio GmbH mit der *Ausbringung der bislang gängigen Maschinen* kompatibel wären. Für die Ausbringung von organischen Düngemitteln wie dem H.I.T. benötigt es aber anderer Maschinerie als für das Ausbringen von Mineraldüngern. Höfe, welche schon zuvor organische Düngemittel wie Stallmist auf ihrem Hof verwendet haben, könnten eine höhere Akzeptanz gegenüber dem Düngemittel aus menschlichen Ausscheidungen aufweisen, da sie dahingehend maschinell besser ausgestattet sind. Trotzdem unterscheidet sich Kompost in Schüttdichte, Korngröße und Streubarkeit von Klärschlamm oder Stallmist (Vandré et al. 2008). Daher ist es nur begrenzt möglich, traditionelle Stalldungstreuer zu verwenden. Weitere Optionen wären Universalstreuer und Tellerbreitstreuer. Bei der Ausbringung von Kompostdüngemitteln ist es sehr wichtig, dass die geplante Menge je Hektar eingehalten werden kann und dass die Quer- und Längsverteilung so gleichmäßig wie möglich ist (Vandré et al. 2008). Anschließend soll der Kompost mit mischenden Bodenbearbeitungsgeräten flach (5-10cm) eingearbeitet werden. Dies fördert die zügige Umsetzung der Düngemittel und beugt (entgegen einer wendenden und tiefen Einarbeitung) wurzelschädigen Fäulnisprozessen vor (Vandré et al. 2008).



## **Gesellschaftliche Akzeptanz**

Der größte und entscheidendste Faktor, welcher sich von außen (aus dem Akzeptanzkontext) auf die Nutzung und In-Verkehr-Bringung der Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen legt, sind die *gesetzlichen Regelungen und Vorschriften*. Die aktuellen Grundlagen wurden bereits in *Rechtliche Hürden* erläutert. Um die Akzeptanz der Landwirt\*innen und der Gesellschaft und damit die Verwendung von Recyclingdüngemitteln zu ermöglichen, sind klar definierte Gesetze und Vorschriften erforderlich. Somit könnte auch sichergestellt werden, dass die Düngemittel den Umwelt- und Gesundheitsschutzgesetzen entsprechen.

Neben den rechtlichen Hürden, welche den Recyclingdüngemitteln im Weg stehen, ist die *Akzeptanz der Verbraucher\*innen* gegenüber dem Düngemittel ein wichtiger Faktor. Die deutsche Gesellschaft hat Ekel gegenüber menschlichen Fäkalien. Diese sind begründet durch diffuse Angst vor Seuchen. Das aktuelle Sanitärsystem hat einen wichtigen Schritt für die Hygiene getan, uns aber von unseren eigenen Nährstoffkreisläufen distanziert (Krause et al. 2021). Für viele Menschen stellt es ein Problem dar, Lebensmittel zu konsumieren, welche mit ihren eigenen Ausscheidungen produziert wurden. Besonders Landwirt\*innen, die ein enges Verhältnis zu den Verbraucher\*innen ihrer Lebensmittel pflegen, könnten Angst haben, durch den Einsatz der Düngemittel Absatz zu verlieren. Viele konventionelle Höfe sollten dieses Problem allerdings nicht haben, da zwischen ihrer Produktion und dem Konsum der Menschen viele Instanzen liegen.

Durch *Wissensverbreitung* und die *Aufklärung der Öffentlichkeit* könnte eine Akzeptanz der Verbraucher\*innen und somit ein positives Image gegenüber dem recycelten Düngemittel erreicht werden. Es ist wichtig, dass Landwirt\*innen und die breite Öffentlichkeit über die Vorteile und Risiken des sicheren Umgangs mit Recyclingdüngemitteln informiert werden, um Vorurteile abzubauen und Verständnis zu schaffen. Dies kann unter anderem durch *Transparenz* bzgl. der gesamten Produktions- bzw. Wertschöpfungskette erlangt werden. Ein großer Teil der Aufklärung könnte durch die Offenlegung des Herstellungsverfahrens erzielt werden, sodass sich die Menschen darüber informieren und vergewissern können (Kraus et al. 2019).

Für die Aufklärung der Öffentlichkeit sind ebenso aktuelle *wissenschaftliche Forschungen und Studien* wichtig, welche die Sicherheit, Effektivität und Umweltauswirkungen von Recyclingdüngemitteln belegen können. Sie müssen die *Zusammensetzung und Qualität des Recyclingdüngemittels* klar definieren und veröffentlichen (Krause et al. 2021). Landwirt\*innen und Verbraucher\*innen werden nur Produkte akzeptieren, die sichere Nährstoffgehalte nachweisen können und frei von schädlichen Substanzen sind.

Ein weiterer Faktor ist das *Umweltbewusstsein* der Menschen. Da es sich bei den Recyclingdüngemitteln der Finizio GmbH um eine umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Düngemitteln handelt, könnten Landwirt\*innen mit einem hohen Umweltbewusstsein diesen gegenüber aufgeschlossener sein (Kraus et al. 2019). Gleiches gilt für die Verbraucher\*innen. Besonders wenn im Herstellungsverfahren der Energieaufwand so gering wie möglich gehalten wird.

### **Wirtschaftlichkeit**

Kompostdüngemittel sind im Vergleich mit Mineraldüngern kostenintensivere Düngemittel. Für den gleichen *Preis* haben sie eine geringere Nährstoffkonzentration und erzeugen hohe Kosten für den Transport. Organische Düngemittel werden daher selten weiter als 50 Kilometer von der Anfall- oder Produktionsstätte entfernt verwertet. Dies erklärt, dass die Preise auf dem Markt für organische Düngemittel je nach Region und Angebot und Nachfrage stark variieren können (Vandré et al. 2008). Vergleichsweise können die Preise für Düngemittel anhand des monetären Werts der wertgebenden Inhaltsstoffe berechnet werden. Für einen durchschnittlichen Kompost mit einem NPK-Verhältnis von 0,8-0,4-0,7 kann mithilfe der Preise der Nährstoffäquivalente von Mineraldüngern (Nährstoffpreise 2012) ein Wert von 11,50€ pro Tonne Frischmasse erzielt werden (Vandré et al. 2008). Wie in Kapitel *Eigenschaften* erwähnt, erzielt der Kompostdünger H.I.T. der Finizio GmbH ein NPK-Verhältnis von 1,5-0,7-1,1. Tendenz steigend, denn sie erforscht, wie noch bessere Nährstoffgehalte ermöglicht werden können, bspw. durch die Beigabe von Urin im Herstellungsprozess. Hiermit dürfte sich die Attraktivität im Vergleich zu üblichen Kompostdüngern erhöhen. Außerdem regt Kompostdünger neben den Nährstoffgehalten die bodenverbessernde Hu-

musreproduktion an und bietet dadurch einen großen Vorteil für intensiv wirtschaftende Marktfruchtbetriebe mit vermehrtem Anbau humuszehrender Früchte (Rüben, Silomais) und Strohabfuhr bzw. Ganzpflanzennutzung (Vandré et al. 2008).

Während die Faktoren der *Gesellschaftlichen Akzeptanz* hauptsächlich auf den Akzeptanzkontext wirken, wirken *Technologischer Fortschritt* und *Wirtschaftlichkeit* hauptsächlich auf das Akzeptanzobjekt. Da es in dieser Arbeit um die In-Verkehr-Bringung einer Innovation geht, wurde das Augenmerk auf das Objekt gerichtet. Trotzdem ist zu erwarten, aus der wissenschaftlichen Erhebung Ergebnisse aus dem Bereich des Akzeptanzsubjekts zu erhalten.

### **3 Methodik: Akzeptanzanalyse**

Die gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen ist notwendig, wenn die Düngemittel eine erfolgreiche Innovation werden sollen. Insbesondere in der Umgebung des Herstellungsortes ist es wichtig, dass die Landwirt\*innen den Wert der Düngemittel erkennen. Für Kompostdüngemittel kommen sehr schnell hohe Kosten für Anlieferung und Ausbringung zustande. Diese müssen so gering wie möglich gehalten werden, wenn die Düngemittel konkurrenzfähig sein sollen. Daher ist die Regionalität in der Erzeugung und Ausbringung der Düngemittel eines der wichtigsten Akzeptanzkriterien.

Um eine Akzeptanzanalyse in der Landwirtschaft durchzuführen, muss herausgefunden werden, wie aufgeschlossen die Landwirt\*innen gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen sind. Das heißt, es müssen soziale Erscheinungen untersucht werden. Hierfür eignet sich die empirische Sozialforschung. Ihr Ziel ist es, anhand von geeigneten Methoden (bspw. Befragungen, Beobachtungen) soziales Verhalten aufzunehmen, zu analysieren und auszuwerten (Gläser und Laudel 2010). In der empirischen Sozialforschung gibt es zwei Herangehensweisen, um die Methoden der Forschung umzusetzen: quantitativ und qualitativ. Die quantitative Forschung verfolgt dabei das Ziel, im Vorhinein aufgestellte Hypothesen zu überprüfen. Sie möchte ein möglichst genaues Ergebnis über die zu beobachtende Menge erzielen, um die Repräsentativität des Phänomens statistisch darstellen zu können (Gläser und Laudel 2010). Die qualitative Forschung geht im Prozess explorativ vor. Die Hypothesen in Bezug auf das Thema werden im Laufe des Prozesses entwickelt. Die Erhebung wird deshalb offen durchgeführt und zielt auf die theoretische Ergiebigkeit eines Falls ab, anstatt auf die Repräsentativität der Gesamtheit aller Fälle (Arzt, mdl. Mitt. v. 02.05.2023). Deshalb eignet sich die qualitative Forschung zu Beginn eines neuen Forschungsfeldes, um explorativ Hypothesen und Theorien entwickeln zu können. Diese können dann in nachfolgenden Forschungen quantitativ in Bezug auf die Grundgesamtheit überprüft werden.

Da es über die Akzeptanz von konventionellen Landwirtschaftsbetrieben im Barnim, Brandenburg, gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen bislang noch keine Forschungsvorhaben gab, ist das Feld noch weitgehend unerforscht. Anhand der Literatur lassen sich keine Hypothesen über die Akzeptanz der konventionellen Betriebe aus der Region aufstellen. Es gibt Erhebungen über Akzeptanzkriterien von ökologisch wirtschaftenden Betrieben (deutschlandweit). Aufgrund der Unterschiede in den Formen der Bewirtschaftung und der Regionalität dürfte es hierbei aber Abweichungen bei den Ergebnissen geben. Daher eignet sich für das Vorhaben die Anwendung eines qualitativen Forschungsverfahren, um explorativ die Akzeptanz der Landwirt\*innen zu ermitteln.

### **3.1 Entwicklung Interviewleitfaden für konventionelle Landwirtschaftsbetriebe**

Für die Durchführung des Forschungsvorhabens wird die Methode der Befragung ausgewählt. Typisch für qualitative Befragungen ist die Vorbereitung von teilstandardisierten Interviewleitfäden. Diese sind zum Teil standardisiert, da die interviewende Person

das Gespräch lenken soll. Trotzdem unterscheiden sie sich gegenüber standardisierten Fragebögen aus der quantitativen Sozialforschung dahingehend, dass die befragte Person nicht zwischen vorgegebenen Antworten wählen, sondern frei und offen reden kann. Diese Offenheit ist in der qualitativen Forschung erwünscht, um Ergebnisse zu erzielen, welche vorher nicht in Betracht gezogen werden konnten. Es ist erwünscht diesen Themen zu folgen, auch wenn sie vom Leitfaden abweichen (Gläser und Laudel 2010).

Durch die Befragungen sollen Informationen über die Düngemittelpraxis der Betriebe generiert werden. Dadurch können Rückschlüsse auf Düngemittelverwendungen gezogen werden, welche für die Produktentwicklung der Recyclingdüngemittel essenziell sind. Unter anderem wurden folgende Fragen vorbereitet:

- Eine wichtige Auskunft ist der Düngebedarf auf den Betrieben. Wo auf dem Betrieb reichen die innerbetrieblichen Nährstoffkreisläufe nicht aus und müssen Nährstoffe von außen durch Düngung zugefügt werden?
- Ein weiterer Schwerpunkt, sind Auskünfte über Erfahrungswerte, die bislang mit Düngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen gemacht wurden. Hat der Betrieb schon mit Klärschlamm gearbeitet? Was ist attraktiv oder unpraktisch daran?
- Das größte Themenfeld bzgl. der Akzeptanz gegenüber Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen: Welche Düngewirkung müssten die Düngemittel erfüllen? Welche Konsistenz müssen sie vorweisen, um mit der bislang genutzten Maschinerie ausgebracht werden zu können? Welches Kosten-Nutzen-Verhältnis müssten sie mit sich bringen?

Der Interviewleitfaden orientiert sich an einer Vorlage des ZirkulierBar Forschungsprojekts. Hier wird aktuell Akzeptanzforschung mit Bio-Anbauverbänden deutschlandweit durchgeführt. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse herzustellen, werden ähnliche Interviewleitfäden in den Forschungsvorhaben verwendet.

### **3.2 Datenerhebung durch Expert\*inneninterviews**

Um die notwendigen Daten zur Akzeptanzanalyse zu erheben, wurden Expert\*inneninterviews geführt. Expert\*innen für die Ausbringung von Düngemitteln sind Landwirt\*innen. Das Vorhaben konzentriert sich auf konventionelle Landwirtschaftsbetriebe

im Barnim, Brandenburg, aufgrund der Regionalität zum Produktionsort Kreiswerke Barnim GmbH. Die Akzeptanz der konventionellen Betriebe ist für die Produktentwicklung der Recyclingdüngemittel interessant, weil sie hohe wirtschaftliche Ansprüche an die Düngemittel haben und große Mengen abnehmen könnten. Betriebe, welche keine eigenen Wirtschaftsdünger am Hof besitzen, also viehlos wirtschaften, müssen Düngemittel für ihren Pflanzenbau beziehen. Diese wurden priorisiert ausgewählt.

Die Betriebe wurden zu Beginn über die Ausbilder-Landkarte, Land Brandenburg aufgesucht, da dort eine übersichtliche Auflistung mit Landwirtschaftsbetrieben im Barnim vorhanden ist. Außerdem wurden über die Hochschule, weitere Forschungsprojekte (ZirkulierBar, NutriNet, AnpaG) und die Kreisgeschäftsstelle des Bauernverbands Kontakte hergestellt. Eine besonders wertvolle Quelle für mögliche Interviewpartner\*innen waren Auskünfte erreichter Betriebe über Kolleg\*innen aus der Region.

Aus diesen verschiedenen Informationen wurde eine Liste an möglichen Betrieben erarbeitet. Die Auswahl der zu interviewenden Betriebe erfolgte anhand folgender Kriterien, um eine Diversität zu erzielen.

- Hat der Betrieb Düngebedarf?
- Besitzt der Betrieb eigene Wirtschaftsdünger?
- Wie weit ist der Betrieb vom Produktionsstandort entfernt?
- Wie groß ist der Betrieb?

Im Optimalfall lagen alle nötigen Informationen zu den Betrieben vor und so konnte im Vorhinein ein gezieltes Sampling zu einer Fallauswahl führen. Es sollten besonders typische Fälle gewählt werden (Düngebedarf: Ja, Eigene Wirtschaftsdünger: Nein, Entfernung: <30km, Größe: >300ha). Aber auch maximal kontrastierende Fälle, um eine Diversität in den Aussagen zu erhalten und sich vor Verallgemeinerungen zu schützen (Düngebedarf: Ja, Eigene Wirtschaftsdünger: Ja, Entfernung: >50km, Größe: <200ha). In der qualitativen Forschung ist ein zirkulärer Forschungsablauf (nicht standardisierte Forschung) wichtiger Bestandteil. Die Fallauswahl der Betriebe soll nicht nur im Vorhinein getroffen werden, sondern auch im Verlauf der Erhebungen angepasst werden. Die Ergebnisse aus den Fallerhebungen sollen im Prozess verglichen und anhand

dessen die nächsten Fälle gewählt werden. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis keine neuen Erkenntnisse mehr generiert werden. Dann spricht man von einer theoretischen Sättigung, aus welcher die Theorie gebildet werden kann (Arzt, mdl. Mitt. v. 02.05.2023).

Für diese Arbeit lagen keine Optimalbedingungen vor. Die Begrenzung der Bearbeitungszeit und aktuell politische Ereignisse ergaben Probleme bei der Fallauswahl. Die großen Bauernproteste im Dezember 2023 und Januar 2024 haben viele Betriebe aus der Region auf die Straße getrieben. Die ohnehin schon stark überarbeitete Branche war dadurch noch mehr strapaziert, was eine Kontaktaufnahme (auf unterschiedlichsten Wegen: Telefon, Brief, Mail) in den meisten Fällen unmöglich machte. Dazu kam, dass viele der Betriebe, die erreicht wurden, meistens sehr gestresst waren und keine Zeit für solche Interviews hatten.

Aufgrund dessen konnten nur zwei ausführliche Interviews mit jeweils 40 Minuten Länge geführt werden. Außerdem wurden einige Gedächtnisprotokolle aus Gesprächen mit Landwirt\*innen generiert, welche telefonisch interviewt wurden. Eine gezielte Fallauswahl war dementsprechend nicht möglich. Trotzdem konnten die befragten Betriebe aufschlussreiche Auskunft über die Akzeptanz der Landwirt\*innen aus der Region gegenüber den Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen geben.

### **3.3 Datenauswertung anhand qualitativer Inhaltsanalyse**

Um die Gütekriterien der qualitativen Forschung umzusetzen und die erhobenen Daten zu fixieren, wurden die Interviews als Audioaufnahmen aufgezeichnet. Um die Daten zugänglich zu machen und auswerten zu können, wurden die Audioaufnahmen inhaltlich-semantic nach den Transkriptionsregeln von Dresing und Pehl (2018) transkribiert. Die erhobenen Daten wurden anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Der Vorteil einer qualitativen Inhaltsanalyse ist, dass verschiedene Phasen der Auswertung durchgeführt werden. Dadurch soll ein rein deskriptives Ergebnis vermieden werden. Es ist wichtig, dem Material gegenüber offen nach weiteren möglichen bedeutungsvollen Aspekten Ausschau zu halten, als nur selektiv vorher überlegte Kriterien abzuarbeiten. Dadurch sollen Diskussionen und weiter ausdifferenzierte Erkenntnisse erlangt werden (Dresing und Pehl 2018).

Abbildung 5 nach Kuckartz (2022) stellt den Vorgangsprozess einer qualitativen Inhaltsanalyse dar.

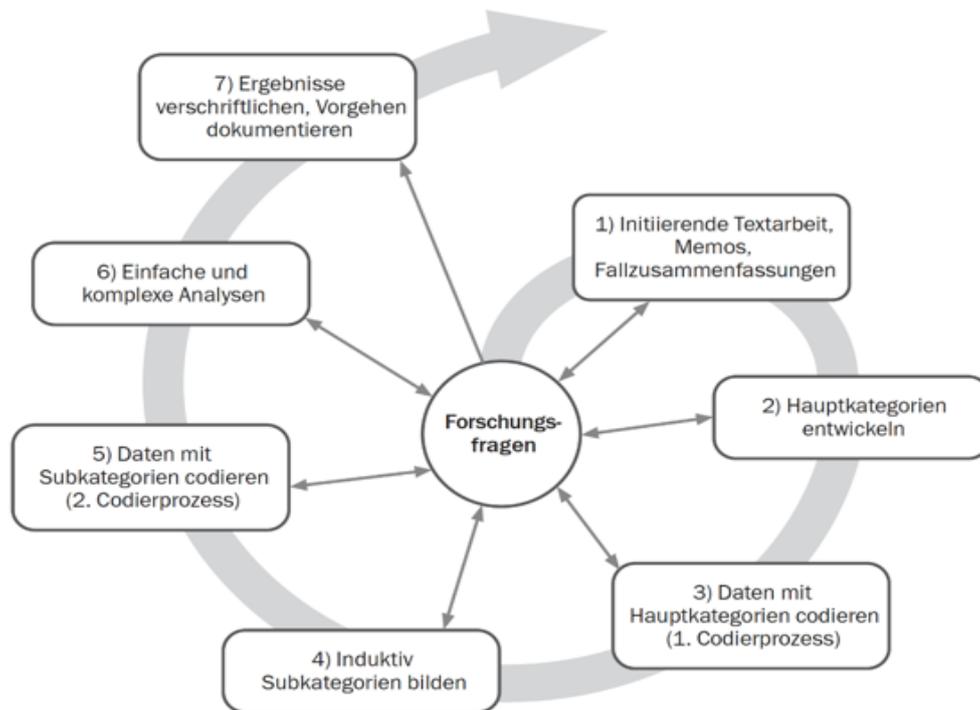


Abbildung 5: Qualitativ strukturierende Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2022)

Zu Beginn wurde das vorliegende Datenmaterial mehrfach mit Hinblick auf die Forschungsfrage gelesen und wichtige Stellen mit Notizen versehen (Initiierende Textarbeit). Dann wurden deduktiv Hauptkategorien entwickelt, welche sich maßgeblich an den Fragen des Interviewleitfadens orientieren, und die passenden Aussagen aus den Interviews zugeordnet (1. Codierprozess) (Dresing und Pehl 2018). Die Ergebnisse wurden anschließend gesichtet. Nicht zugeordnete Aussagen, welche relevant für die Forschungsfrage sind, oder Aussagen, welche den Hauptkategorien zugeordnet wurden, aber weiterer Ausdifferenzierung benötigten, wurden im zweiten Codierprozess zugeordnet. Hierzu wurde das Codegerüst durch induktiv gebildete Kategorien erweitert. Anschließend wurde das codierte Material ausgewertet und die Ergebnisse verschriftlicht. Zu Beginn des Ergebnisses wurden Fallzusammenhänge verfasst, welche die Interviews kurz darstellen. Nachfolgend wurden alle Themen (=Codes) beschrieben und wichtige Aussagen in Form von Originalzitaten hinzugefügt. In diesem Schritt

wurden Schnittmengen zwischen Aussagen, welche mehreren Codes zugeordnet werden konnten, dargestellt. Dadurch ließen sich Sinnzusammenhänge zwischen Themen herstellen (Dresing und Pehl 2018).

## **4 Empirische Ergebnisse**

Im nachfolgenden Teil werden die Ergebnisse aus der Erhebung und die anschließende Auswertung niedergelegt.

### **4.1 Beschreibung der befragten Landwirtschaftsbetriebe**

**Betrieb A** ist ein mittelgroßer Betrieb in Chorin, ca. 10km vom Produktionsstandort Kreiswerke Barnim GmbH entfernt. Er bewirtschaftet 230ha in extensiver Mutterkuhhaltung. Durch die extensive Bewirtschaftung führt der Betrieb kaum Bodenbearbeitung durch und hat, bis auf wenigen Stallmist, der über das Jahr anfällt, keinen Dün-

gebedarf. Dementsprechend konnte der Betrieb wenig Aussagen über die Verwendungsmöglichkeiten der Recyclingdüngemittel treffen. Durch die langjährige Tätigkeit mit DDR-Geschichte hat der Betrieb einen wichtigen Standpunkt hinsichtlich des Bedarfs von organischen Düngemitteln in der Region. Besonders hervorgehoben wurden die Energiekosten und Umweltschäden, welche durch das derzeitige Dünge- und Abwassersystem verursacht werden, und damit einhergehend der Bedarf einer energiesparenden, kreislaforientierten Lösung. Die Gesundheit der Tiere und der Umwelt sind wichtige Ziele des Betriebs.

**Betrieb B** ist ein größerer Betrieb in Woddow/ Brüssow, ca. 80km entfernt vom Produktionsstandort Kreiswerke Barnim GmbH. Der Betrieb liegt zwar nicht im Landkreis Barnim, jedoch im Nachbarlandkreis Uckermark, was durchaus zur Region gezählt werden kann. Wichtig war hierbei mit einem Betrieb in Kontakt zu treten, der >30km entfernt liegt, um über die Problematik der Transportwege zu sprechen. Der Betrieb ist ein reiner Ackerbaubetrieb und bewirtschaftet 700ha. Dem Betriebsleiter ist es sehr wichtig, die Bodenbearbeitung gezielt und effizient durchzuführen und Nährstoffgaben bedarfsgerecht anpassen zu können. Seit vier Jahren wird die konservierende Bodenbearbeitung etabliert, wodurch der Boden bestmöglich geschont werden soll. Der Betrieb formuliert zielführend und fachlich, unter welchen Bedingungen die Recyclingdüngemittel interessant für das bestehende Ackerbausystem wären. Dem Betriebsleiter sind die ethischen Gründe für die Nutzung von regionalen Nährstoffkreisläufen bewusst und er befürwortet diese, setzt aber eine wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit für die Nutzung voraus. Besonders das flüssige Düngemittelprodukt könnte, bei Erhöhung der Nährstofffrachten, ein interessantes Düngemittel sein, da es mit der betriebseigenen Pflanzenschutzspritze ausgebracht werden könnte.

Des Weiteren gab es noch eine Ansammlung von Betrieben, welche nur kurz am Telefon gesprochen werden und zu vereinzelt Themengebieten Aussagen treffen konnten. **Betrieb C** ist ein kleiner Kartoffelbetrieb (15ha) aus Falkenberg. **Betrieb D** ist ein Ackerbaubetrieb aus Werneuchen. **Betrieb E** ist ein großer gemischter Landwirtschaftsbetrieb mit Tierhaltung und Pflanzenproduktion in Tempelfelde. **Betrieb F** ist ein gemischter Landwirtschaftsbetrieb mit Mutterkuh-Stallhaltung und Ackerbau aus

Lunow-Stolzenhagen. **Person G** ist Ansprechperson einer örtlichen Interessenvertretung für Landwirt\*innen aus der Region.

#### 4.2 Akzeptanz gegenüber der Recyclingdüngemittel

Durch die deduktive und induktive Kategorienbildung und den Codierungsprozess hat sich ein Codegerüst ergeben. Die getätigten Aussagen lassen sich in zwei Hauptkategorien unterteilen. Zum einen wird zwischen Aussagen unterschieden, die sich auf aktuelle Umstände beziehen. Und zum anderen Aussagen, welche sich auf Akzeptanzfaktoren gegenüber dem zukünftigen Produkt, dem Recyclingdünger, beziehen.

Die aktuellen Umstände lassen sich unterteilen in Düngung/Düngebedarf, Nährstoffkreisläufe in der Landwirtschaft und Klärschlamm.

Die Akzeptanzfaktoren in Düngewirkung, Schadstofffreiheit/Produktinformation, Technische Anforderungen, Einsatz, Verfügbarkeit, Regionalität, Herstellungsverfahren, Rechtliche Grundlagen und Aufklärung.

#### Düngung/Düngebedarf

Als *Düngung/Düngebedarf* wurden alle Aussagen codiert, die sich auf die Verwendung und Bedarf von Düngemitteln der Betriebe beziehen. Dadurch sollen die Nährstofflücken in Nährstoffkreisläufen in verschiedenen Betriebssystemen aufgezeigt werden. Hier haben sich die Betriebe sehr unterschiedlich geäußert. **Betrieb A** düngt seine Flächen durch die extensive Rinderhaltung und den Einsatz von Klee und Luzerne und hat dadurch keinen Düngemittelbedarf. Währenddessen **Betrieb B** auf große Mengen von mineralischen Düngemitteln zurückgreift. Hierbei nutzt der Betrieb zur Hauptstickstoffgabe im Frühjahr und Frühsommer den Flüssigdünger AHL und für weitere Gaben mineralische NPK- oder PK-Dünger, z.B. Kornkali, Kieselrit. Außerdem düngt der Betrieb auf ca. 50 bis 100ha im Jahr mit Gülle von einem Nachbarbetrieb. Der Düngemittelbedarf des Betriebs wird durch folgendes Zitat sehr eindeutig: „Aber jetzt zum Beispiel in diesem Jahr war einfach der Effekt: wir hatten relativ gute Wachstumsbedingungen, gute Erträge, die Stickstoffgabe war limitiert und ich habe jetzt quasi so was wie 98 % von dem Stickstoff den ich gedüngt habe, auch wieder rein rechnerisch schon mit dem Korn wieder vom Feld gefahren.“ (**Betrieb B**, Pos. 4)

## Nährstoffkreisläufe in der Landwirtschaft

Als *Nährstoffkreisläufe in der Landwirtschaft* wurden alle Aussagen codiert, die auf aktuelle Probleme und Nachhaltigkeitsfragen in landwirtschaftlichen Kreislaufsystemen hinweisen. Zum Beispiel „Ja. (...) Ist ja logisch, wenn der Viehbestand weg ist, ist ja kein Naturdünger mehr da. Und nur das Stroh, was breit gehäckselt wird/ und Mais wird ja auch komplett abgefahren in den Biogasanlagen. Da bleibt ja auch nichts zurück.“ (Betrieb A, Pos. 71) Die Betriebe waren sich hierbei einig, dass das aktuelle Düngesystem nicht nachhaltig sein kann. Während es in manchen Regionen einen Überschuss an organischen Düngemitteln gibt, fehlen diese an anderer Stelle. Ein Ausgleich durch weite Transporte schafft hohe Energiekosten, und die Übernutzung von mineralischen Düngemitteln, bis die endlichen Lagerstätten aufgebraucht sind, hat erhebliche umweltschädigende Folgen. Ein Problem, welches zu Widersprüchen führt, ist, dass die Böden von intensiv wirtschaftenden Betrieben die organische Düngung benötigen, diese aber meistens nur mit großer, schwerer Maschinerie durchgeführt werden kann, zu Zeiten in denen die Böden meist noch nicht tragfähig sind (Frühjahr). Hier stehen sich zwei Ansätze bodenfördernder Maßnahmen gegenüber: organische Düngung vs. konservierende Bodenbearbeitung. Des Weiteren wurde von Betrieb A betont, dass das aktuelle Abwassersystem der Region das Wasser entzieht. „Erst mal, wenn ich überleg hier mit unsere Abwässer und alles, wird ja alles nach Eberswalde gepumpt, wa. Und dadurch entziehst du ja unseren Flächen hier rundrum auch praktisch das ganze Wasser. Weil früher wurden ja die Klärgruben und so was alles auf die Felder ausgebracht, da ist das Wasser im Dorf geblieben oder rundrum auf die Felder. Heute wird alles abgepumpt und alles nach Eberswalde gepumpt.“ (Betrieb A, Pos. 61)

## Klärschlamm

Als *Klärschlamm* wurden alle Aussagen codiert, die sich auf die aktuelle oder vergangene Verwendung von Klärschlamm als Düngemittel beziehen. Hierdurch sollen Informationen über die Erfahrungswerte im Umgang mit Düngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen gesammelt werden. Eindeutig war, dass keiner der befragten Betriebe aktuell Klärschlamm ausbringt und nicht zuletzt, weil die meisten Pachtverträge die Ausbringung von Klärschlamm verbieten (Betrieb E, Person G). Betrieb A und B berichten, dass das Ausbringen von menschlichen Fäkalien als ungeklärtem Klärschlamm zu DDR-Zeiten normal war, bis erste Großabnehmer\*innen dagegen vorgin-

gen und schließlich auch rechtliche Hürden eingeleitet wurden. Der Einsatz von Klärschlamm war auch deswegen für die Betriebe interessant, weil: „ganz früher haben sie es auch gebracht und dann haste auch noch Geld gekriegt, damit du es praktisch entsorgt hast.“ (Betrieb A, Pos. 105) Generell sind die Betriebe aufgeschlossen gegenüber Klärschlamm als Düngemittel, solange eine Ausbringung rechtlich und nach guter fachlicher Praxis vollzogen werden kann.

## Düngewirkung

Als *Düngewirkung* wurden alle Aussagen codiert, die sich auf die Ansprüche an Nährstoffgehalt, Nährstoffverfügbarkeit oder bodenverbessernde Funktionen der Recyclingdüngemittel beziehen. Hier konnte primär Betrieb B Aussagen formulieren. Für den Betrieb ist der Flüssigdünger das deutlich interessantere Produkt, da es höhere Nährstofffrachten aufweist. Trotzdem empfiehlt der Betrieb die Nährstofffrachten zu verdoppeln, damit es noch konkurrenzfähiger wird. Außerdem wäre das Vorhandensein von verschiedenen Stickstofffraktionen, die unterschiedlich schnell pflanzenverfügbar sind sehr vorteilhaft, da dadurch die Auswaschung geringgehalten wird. Es wäre gut, wenn „der Nitratanteil zum Beispiel nur sehr gering ist. Der kann schnell aufgenommen werden. Dann gibt es noch den Ammoniumanteil, der wiederum sich am Boden festlagern kann und den Harnstoff Anteil, der erst im Laufe von zwei drei Wochen dann verfügbar wird.“ (Betrieb B, Pos. 2) Besonders interessant ist auch Phosphor und Kali flüssig düngen zu können. Ein Nachteil ist die Gebundenheit an das Nährstoffverhältnis von organischen Düngemitteln. Es wäre von Vorteil, wenn die Nährstofffrachten separat bedarfsgerecht angepasst werden könnten, was mineralische Düngung ermöglicht. Betrieb A und B sind sich einig, dass bodenverbessernde Funktionen des Düngers z.B. im Humusaufbau oder zur Aufbesserung von Schadstellen von großem Vorteil wären. Diese sollten noch genau erforscht und offengelegt werden. Allerdings formuliert Betrieb B, dass ein Großteil des Humusaufbaus nur vollzogen werden kann, wenn es einen Nährstoffüberhang gibt. Wenn allerdings 98% des gedüngten Stickstoffs durch die Ernte vom Feld geholt werden, wird auch der Humusaufbau erschwert.

## Schadstofffreiheit/Produktinformation

Als *Schadstofffreiheit* wurden alle Aussagen codiert, die sich auf Probleme mit zu hohen Schadstoffgehalten in den Recyclingdüngemitteln beziehen. Besonders Betrieb A

hat durch die Tierhaltung Ansprüche in Bezug auf Schadstoffgehalte in den Düngemitteln formuliert. Dem Betrieb ist es wichtig, dass Rinder nicht an den gedüngten Pflanzen erkranken. Des Weiteren sollen keine Plastikanteile wie Mikroplastik und keine Reinigungsmittelreste enthalten sein. Betrieb D betont, dass Medikamentenrückstände aus den Ausscheidungen der Menschen in die Düngemittel gelangen könnten, welche ein Risiko darstellen würden.

Diese Schadstoff-Parameter sollten laut den Betrieben nicht in den Recyclingdüngemitteln vorhanden sein und müssten dementsprechend in der Produktinformation kenntlich gemacht werden. Darüber hinaus sieht es Betrieb A als wichtig an, Hinweise zur guten fachlichen Praxis in Bezug auf die Ausbringung der Düngemittel zu erhalten und Betrieb B benötigt zum Kauf eines Düngemittels detaillierte Auskunft über die Nährstofffrachten und chemischen Bezeichnungen. Nur so kann die genaue Menge an ausgebrachten Nährstoffen berechnet und die chemischen und biologischen Prozesse im Boden abgewogen werden (z.B. Pflanzenverfügbarkeit, Auswaschungsfahr).

### **Technische Anforderungen**

Als *Technische Anforderungen* wurden alle Aussagen codiert, welche sich auf die Ausbringungstechnik des Düngemittels beziehen. Dadurch sollen z.B. Rückschlüsse auf die Konsistenz des Recyclingdüngers gezogen werden. Für Betrieb B wäre es sehr interessant, wenn der flüssige Recyclingdünger mit der Pflanzenschutzspritze ausgebracht werden könnte. „Das hat den Vorteil, das kann mit der Pflanzenschutzspritze ausgebracht werden und hat dadurch eine unglaublich hohe Präzision. Also das ist ja quasi kaum vergleichbar mit so einem Stickstoff, der gestreut wird. Wir sind dadurch in der Lage, wirklich innerhalb von Zentimetern und auch mit der Teilbreiten-Schaltung der Spritze, den Stickstoff zu verteilen. Und der hat auch sehr positive Eigenschaften, zum Beispiel im Frühjahr, dass da auch eine Blattwirkung erzielt wird. Dass ein Teil des Stickstoffs über das Blatt aufgenommen wird und dadurch auch zum Teil unabhängig von der Bodenoberflächenfeuchte aufgenommen werden kann.“ (Betrieb B, Pos. 2) Außerdem fügt er hinzu, dass der feste Recyclingdünger gut dosierbar und in stabilen Körnern vorliegen muss, wenn er in der betriebseigenen Strip-Till-Drille ausgebracht werden soll.

Betrieb A und B brachten die Wichtigkeit der Lagerung am Feldrand auf. Wegen des aufwendigen Transports wäre es gut, wenn der Recyclingdünger H.I.T. (anders als Stallmist) bedenkenlos am Feldrand gelagert werden können. Außerdem rät Betrieb A, wenn es zu einer In-Verkehr-Bringung der Recyclingdüngemittel kommt, regional ein Lohnunternehmen zu finden, welches über die optimale Maschinerie zur Ausbringung des Kompostdüngers verfügt, und diese für die Betriebe aus der Region durchführt. Denn normale Stallmistdünger (welche weit verbreitet sind) sind nicht optimal geeignet, um trockenen Kompost auszubringen. Eine technische Umstellung der Betriebe sei zu Beginn der Innovation nicht erwartbar.

## Einsatz

Betrieb B hat während des Interviews interessante Möglichkeiten für den *Einsatz der Recyclingdüngemittel* formuliert. Zum einen wurde festgestellt, dass das Düngemittel in der Herbstanwendung nützlich sein würde, wenn der Boden noch tragfähig ist. Kurz nach der Aussaat hat die Pflanze noch kein großes Nährstoff-Aufnahmevermögen. Daher ist es nützlich, nur geringe Nährstoffmengen zu düngen. Die Recyclingdüngemittel sind dann optimal, weil sie eher geringe Nährstofffrachten aufweisen. Zum anderen könnte es für die Düngung der Zwischenfrüchte interessant sein. Durch das Einarbeiten der Zwischenfrucht können die Nährstoffe weiterhin für die Hauptkultur erhalten bleiben, ohne in direktem Kontakt mit dem Düngemittel getreten zu sein.

## Verfügbarkeit

Als *Verfügbarkeit* wurden alle Aussagen codiert, welche die potenzielle Menge an einsetzbaren Recyclingdüngemitteln definieren. Hierzu haben Betrieb A und B geäußert, dass die aktuell jährlichen Produktionskapazitäten der Finizio GmbH von 250t/Jahr nicht ausreichen, wenn man große konventionelle Betriebe damit versorgen möchte. „Aber 250 Tonnen? Das ist ja gar nichts.“ (Betrieb A, Pos. 123) Betrieb B hat eine Hochrechnung für den Flüssigdünger aufgestellt und kam zu dem Ergebnis, dass er, um die gleiche Stickstofffracht zu erreichen, 1400t Aurin im Jahr unterbringen könnte. Im Schnitt düngt der Betrieb 100kg N/ha und Jahr.

Die *Verfügbarkeit* bezieht sich aber nicht nur auf die mögliche verfügbare Menge an Düngemitteln, sondern auch auf den Zugang zu den Recyclingdüngemitteln. Eine der wichtigsten Erkenntnisse aus den Interviews war, dass für die Ausbringung von organischen Düngemitteln sehr hohe Kosten für den Transport aufkommen. Die Betriebe sind sich einig, dass die Entfernungen, die vom Produktionsort zum Ausbringungsort zurückgelegt werden, so gering wie möglich gehalten werden müssen. **Betrieb F** sagt dazu: „Eine regionale Verwertung der Ausscheidungen ist wichtig. Die Umweltschäden und Energiekosten, die durch unnötig weite Transporte durchgeführt werden, sind nicht tragbar.“ (Gedächtnisprotokolle, Pos. 19) **Betrieb B** fügt hinzu, dass bei möglicher Lagerkapazität am Hof ein weiter Anlieferungsweg für den Flüssigdünger denkbar wäre. Durch die höheren Nährstofffrachten würde es sich mehr lohnen. Den Transportaufwand für den Kompostdünger würde der Betrieb mit dem Aufwand für Stallmist vergleichen. Dort würde er eine Entfernung von maximal 20-30km in Kauf nehmen.

Die Aussagen der Kategorie *Verfügbarkeit* überschneiden sich mit der Kategorie *Regionalität*. Denn eine regionale Erzeugung und Verwertung von organischen Recyclingdüngemitteln hängt maßgeblich mit einer niedrighwelligen Verfügbarkeit der Düngemittel zusammen.

## **Regionalität**

Aussagen zur *Regionalität* fanden sich in vielen Antworten der Betriebe wieder und haben dadurch Schnittmengen mit anderen Kategorien. Generell lässt sich sagen, dass die regionale Erzeugung von Düngemitteln ein sehr wichtiges Akzeptanzkriterium ist. Die Betriebe identifizieren sich mit ihrer Region und sehen, wie die Probleme des aktuellen Dünge- und Abwassersystems ihre Region beeinflussen. Daher sind Lösungen im Sinne regionaler Nährstoffkreisläufe dringend erwünscht. „I: Also sie sind für regionale Düngemittel organischer Herkunft, sei es tierisch oder Kompost? Das ist Ihnen wichtig, dass sie die Region versorgen? B: Ja genau, Naturdünger.“ (**Betrieb A**, Pos. 74-75)

## **Herstellungsverfahren**

Als *Herstellungsverfahren* wurden alle Aussagen codiert, die sich auf die Herstellung der Recyclingdüngemittel beziehen. Für die Betriebe ist die energiesparende Herstellungsweise der Kompostierung ein wichtiges Akzeptanzkriterium. Besonders weil die hohen Energiekosten und Umweltschäden für den Import von Mineraldüngern und für andere Recyclingwege als zu hoch angesehen werden. Beispielsweise beschreibt **Betrieb A** das Verbrennen von Klärschlamm, um daraus Klärschlammasche zu gewinnen, als Wahnsinn und **Betrieb F** sagt: „Unsere Fäkalien belasten das Abwasser und müssen dann energieaufwändig geklärt werden. Die Energie, die dafür verbraucht wird, ist viel zu hoch, wenn man es mit anderen Recyclingwegen vergleicht.“ (Gedächtnisprotokolle, Pos. 17)

Hier gibt es Überschneidungen mit der Kategorie *Nährstoffkreisläufe in der Landwirtschaft*, denn die energiearme Herstellung von Kompostdüngemitteln wird als Lösung gegen Probleme in heutigen Nährstoffkreisläufen angesehen.

## **Kosten**

Als *Kosten* wurden alle Aussagen codiert, die sich auf die Wirtschaftlichkeit und Preisgestaltung der Recyclingdüngemittel beziehen. Für alle konventionell wirtschaftenden Betriebe ist die Finanzierbarkeit der Düngemittel eines der wichtigsten Akzeptanzkriterien. Sie müssen auf dem Markt konkurrenzfähig bleiben, „weil würde ich jetzt den Dünger einsetzen und da vielleicht das Dreifache bezahlen, dann bekomme ich das an keiner Stelle zurück und das ist rein meine Entscheidung, die dann den Betrieb ökonomisch belastet.“ (**Betrieb B**, Pos. 38) Eine einfache Hochrechnung des **Betrieb B** kommt auf folgende Kalkulation für den Flüssigdünger: „Das heißt, es sind 40 Kilo Stickstoff pro Tonne. Also wenn man so ein Pi-mal-Daumen-Wert für ein Kilogramm Stickstoff über viele Jahre hinweg, so was wie 1 Euro, kann ich jetzt mal kalkulieren. Dann wird es für Phosphor und Kali aber noch ein bisschen höher gehen. Das heißt, das wären ja 40 Euro für den Stickstoff und sage ich einfach 20 Euro für Phosphor und Kali. Und dann können wir es auch noch ein bisschen aufrunden, dann wären wir, also sonst wären wir bei 60 Euro, und jetzt können wir sagen vielleicht 80 Euro. Das wäre jetzt quasi der Tonnenpreis, damit es ungefähr äquivalent zu meinen anderen Produkten wäre. Und dann noch habe ich natürlich noch mehr Aufwand, da ich wesentlich mehr Tonnen bewegen muss. Deswegen muss es ja eigentlich wieder billiger werden, weil ich ja dafür mehr Fahrten und mehr Zeit habe. Also vielleicht bei 50 Euro, sag ich

jetzt mal ganz aus dem Bauchgefühl heraus, wäre das ein ökonomisch interessantes Produkt.“ (Betrieb B, Pos. 22)

Ein weiterer wichtiger Einwand des Betrieb F ist, dass an einer möglichen Preisstabilität gearbeitet werden sollte. Was der Betrieb öfter beobachtet, ist die preisgünstige Einführung von Innovationen auf dem Markt durch Fördergelder. Aber sobald die Förderungen auslaufen, steigt das Produkt im Preis an und ist dann nicht mehr konkurrenzfähig. Für die Betriebe ist es ein großer Verlust, wenn sie darauf umgestellt hatten.

## Rechtliche Grundlagen

Als *Rechtliche Grundlagen* wurden alle Aussagen codiert, die die rechtlichen Hürden für die Nutzung von Recyclingdüngemitteln thematisieren. Hier wurde von vielen Betrieben auf die Abhängigkeit von Pachtverträgen eingegangen, welche eine Ausbringung von Düngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen verbieten (Betrieb A, B, E, Person G). Betrieb B gab darüber Auskunft, dass die Erzeugnisse aus den Recyclingdüngemitteln, wenn sie über den Agrarhandel vermarktet werden sollen, dem nationalen, EU- und internationalen Recht entsprechen müssen.

## Aufklärung

Unter *Aufklärung* wurden alle Aussagen codiert, welche sich auf die Einstellung der Betriebe und der Gesellschaft gegenüber den Düngemitteln beziehen und über Aufklärungschanäle Auskunft geben. Hierzu lässt sich ein breites Stimmungsbild aufstellen, von: „Ich habe mich noch nie mit dem Thema beschäftigt“ (Betrieb C) und: „Bei dem Thema bin ich raus“ (Betrieb D) bis: „Es ist eine sehr gute Sache. Menschliche Ausscheidungen wurden traditionell immer genutzt, es sind hervorragende Ausgangsstoffe für Düngemittel.“ (Gedächtnisprotokolle, Pos. 15) Die Betriebe A, B und F haben sich klar aufgeschlossen und befürwortend gegenüber regional hergestellten organischen Düngemitteln positioniert. Betrieb C bezieht aufgrund unzureichenden Wissens keine eindeutige Position und Betrieb E hat keine Auskunft gegeben. Betrieb D möchte sich von dem Thema distanzieren mit der Begründung: „Die Landwirte sind ja schon die Bösen, weil sie tierische Dünger benutzen.“ (Gedächtnisprotokolle, Pos. 6) Betrieb A behauptet hingegen, dass die Gesellschaft wahrscheinlich keine Probleme mit der Nutzung der Düngemittel haben wird, solange die Erzeugnisse in Ordnung sind und keine Rückstände haben.

Als Aufklärungskanäle werden Fachzeitschriften, wie die Bauernzeitung, und das Internet (Newsletter, Verteiler, Gruppen) genannt. Außerdem bekommt **Betrieb B** „auch viel Input aus der Privatwirtschaft in Form von Fachinformationen, die oft dann auch gesponsert sind. Das landet hier zwangsläufig auf dem Tisch. Wenn es da interessant wäre und verbreitet werden würde, würde es wahrscheinlich auch viele Leute erreichen.“ (**Betrieb B**, Pos. 42)

## 5 Diskussion

Die Beantwortung der Forschungsfrage lässt sich anhand der erhobenen Ergebnisse auf zwei Wegen beantworten. Zum einen, und diese sind in Bezug auf die Forschungsfrage priorisiert, wurden Daten erhoben, welche die Akzeptanz der Betriebe in Bezug auf die Produkteigenschaften der Recyclingdüngemittel offenlegen. Aus diesen Daten können Schlussfolgerungen abgeleitet werden, welche Bedürfnisse die Landwirt\*innen gegenüber den Produkteigenschaften der Recyclingdüngemittel haben. Handlungsempfehlungen an die Produktentwicklung der Finizio GmbH sind im nachfolgenden Text entsprechend gekennzeichnet.

Zum anderen konnten Daten erhoben werden, welche Faktoren die Akzeptanz der Betriebe, über die Produkteigenschaften hinaus, beeinflussen. Diese Aussagen sind wichtiger Bestandteil der Diskussion, auch wenn sie nicht die Produkteigenschaften adressieren. Denn das Ziel von qualitativer Forschung ist ebenso Beweggründe und Motivationen zu erschließen. Dadurch wird die Forschungsfrage umfangreicher beantwortet, aber spiegelt die Offenheit dem Material gegenüber wider.

## 5.1 Inhaltliche Diskussion

Eine Unterteilung der Ergebnisse kann wie in Kapitel 2.3.2 *Faktoren, welche die Akzeptanz in der Landwirtschaft beeinflussen* vorgenommen werden. Die Akzeptanz der Betriebe (Akzeptanzsubjekte) gegenüber der Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen (Akzeptanzobjekt) hängt einerseits von *wirtschaftlichen*, andererseits von *technischen Produkteigenschaften* ab.

### Wirtschaftliche Produkteigenschaften

Die Wirtschaftlichkeit der Recyclingdünger spielt eine sehr relevante Rolle für die Kaufbereitschaft der Betriebe. Konventionelle Landwirtschaftsbetriebe stehen unter starken Wirtschaftszwängen und müssen auf dem Markt konkurrenzfähig bleiben. Hier konkurrieren die Düngemittelhersteller mit Preisen von 1€ je Kilo N. Ein durchschnittlicher Kompost mit Nährstofffrachten von 0,8-0,4-0,7 kostet im Schnitt 11,50€/t. **Handlungsempfehlung 1:** Eine grobe Hochrechnung eines Betriebs für ein ökonomisch interessantes und konkurrenzfähiges Produkt ergibt für den Flüssigdünger einen Wert von 50€/t und für den Kompostdünger 30-35€/t. Die Recyclingdüngemittel der Finizio GmbH haben durchaus höhere Nährstoffkonzentrationen, was den Mehrwert im Vergleich zum durchschnittlichen Kompost rechtfertigen würde.

Das größte Problem beim Einsatz von organischen Düngemitteln sind die Transportkosten. Durch die niedrigen Nährstoffkonzentrationen braucht man große Mengen, um große Flächen zu düngen. Um diese großen Mengen zu bewegen, braucht es LKW-Ladungen, welche die Düngemittel zu den Flächen transportieren. Die Mehrkosten durch Arbeitszeit und Maschinenaufwand drücken den Preis. **Handlungsempfehlung 2:** Für den Kompostdünger werden daher Anlieferungsentfernung von maximal 20-

30km in Betracht gezogen. Wenn die Betriebe Lagermöglichkeiten für den Flüssigdünger besitzen, würden auch höhere Transportkosten für den Flüssigdünger in Kauf genommen werden, da die Nährstoffkonzentration höher ist.

Früher wurde den Landwirt\*innen der Klärschlamm zum Düngen umsonst geliefert und sie haben für die „Entsorgung“ Geld erhalten. Könnten diese Umstände auf die Recyclingdüngemittel übertragen werden, würde die Akzeptanz der Betriebe stark steigen.

### **Technische Produkteigenschaften**

Damit Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen von den Betrieben genutzt und akzeptiert werden, müssen sie verschiedene technische Kriterien erfüllen. Ein sehr wichtiges Kriterium ist die Düngewirkung. **Handlungsempfehlung 3: Ein attraktives Düngemittel ist qualitätssicher und gibt Auskunft über die enthaltenen Nährstoffkonzentrationen, um die chemischen und biologischen Prozesse nach der Düngung nachvollziehen zu können.** Für die Betriebe ist es wichtig, dass die Nährstoffverluste zwischen gedüngter Nährstoffmenge und pflanzenaufgenommener Menge so gering wie möglich sind. **Handlungsempfehlung 4: Bei der Stickstoffdüngung ist eine Abstufung in verschiedenen schnell verfügbare Stickstofffraktionen ein attraktives Mittel, um Auswaschungsverluste zu vermeiden.** Die bodenverbessernden Funktionen der Recyclingdünger (Humusaufbau) und die Möglichkeit, Phosphor und Kalium flüssig düngen zu können, wird von den Betrieben als Vorteil gegenüber anderen Düngemitteln wahrgenommen. **Handlungsempfehlung 5: Allerdings bemängeln sie die geringen Nährstofffrachten. Eine Verdopplung der Nährstoffkonzentrationen würde die Akzeptanz gegenüber den Düngemitteln erhöhen, da dies die Effizienz steigern würde.**

In den Düngemitteln sollten keine Krankheitserreger, Medikamentenrückstände, Reinigungsmittelreste oder Plastikanteile vorhanden sein. Um diesen Ansprüchen zu genügen, richtet sich das Herstellungsverfahren der Finizio GmbH nach der DIN SPEC 91421 und stellt sicher, dass die Schadstoffe im Herstellungsprozess eliminiert werden und sich unter den kritischen Grenzwerten befinden.

Ein Düngemittel sollte nicht nur anhand der Inhaltsstoffe unbedenklich sein, sondern auch einer bestimmten Handhabung und Konsistenz entsprechen. **Handlungsempfehlung 6: Für die Landwirt\*innen wäre es von großem Vorteil, wenn der Kompostdünger homogen wäre und sich maschinell leicht und präzise verteilen ließe. Eine hohe Flächenleistung und Genauigkeit sind im konventionellen Landbau sehr wichtig. Daher**

sollten die Düngepartikel eine klare äußere Form (Siebgröße), Dichte und Abriebfestigkeit vorweisen. Handlungsempfehlung 7: Außerdem sollte die Lagerung am Feldrand uneingeschränkt möglich sein. Die meisten Betriebe nutzen für die organische Düngung Stallmiststreuer. Diese sind allerdings begrenzt für die Ausbringung von Kompostdünger geeignet. Universalstreuer und Tellerbreitstreuer bieten eine bessere Quer- und Längsverteilung für den trockenen Kompost. Eine Einarbeitung der Düngemittel wird mit flachen, mischenden Bodenbearbeitungsgeräten bei fünf bis zehn Zentimeter tiefe durchgeführt. Handlungsempfehlung 8: Um sicher zu stellen, dass die Recyclingdüngemittel ausgebracht werden können, wäre es von Vorteil, wenn ein Lohnunternehmen mit der entsprechenden Maschinerie ausgestattet wäre, um die Ausbringung für die Region zu übernehmen. Betriebe, welche die konservierende Bodenbearbeitung durchführen, betrachten die Nutzung von organischen Düngemitteln kritisch. Das Befahren der Flächen mit schwerer Maschinerie, die aus Schlepper und gefülltem Miststreuer oder Kompoststreuer besteht, zu Zeiten, an denen der Boden noch nicht tragfähig ist (Frühjahr), wird als bodenschädigend angesehen. Der Flüssigdünger stößt hingegen auf mehr Zuspruch, da die Ausbringung mit der Pflanzenschutzspritze bodenschonend und höchst präzise durchgeführt werden kann.

Des Weiteren ist der Akzeptanzkontext von großer Bedeutung. Der Akzeptanzkontext umfasst Umstände (z.B. politisch, gesellschaftlich) in denen sich das Akzeptanzsubjekt und -objekt befinden und welche die Beziehung zueinander maßgeblich beeinflussen. Aus den erhobenen Daten, welche sich auf die beschriebenen Umstände beziehen, ließen sich Akzeptanzfaktoren ableiten, welche hier als *Faktoren der gesellschaftlichen Akzeptanz* dargestellt sind.

### **Faktoren der gesellschaftlichen Akzeptanz**

Die oberste Instanz für die Ausbringung von Düngemitteln sind die rechtlichen Grundlagen. Wenn diese nicht gegeben sind, wird es keine Betriebe in der Region geben, welche die Recyclingdüngemittel benutzen werden. Es braucht klar definierte Gesetze und Vorschriften, um den Umgang mit Recyclingdüngemitteln aus menschlichen Ausscheidungen ordnungsgemäß durchführen zu können. Eine interessante Erkenntnis aus der Erhebung ist, dass sehr viele Pachtverträge die Ausbringung von Klärschlamm und wahrscheinlich auch anderer Düngemittel aus menschlichen Ausscheidungen ver-

bieten. Hier ist davon auszugehen, dass Verpächter\*innen ihre Flächen vor bodenschädlichen Veränderungen durch schadstoffbelasteten Klärschlamm schützen wollen. **Handlungsempfehlung 9: Weitere Aufklärung und wissenschaftliche Erhebungen, welche die bodenverbessernden Eigenschaften und die hygienische Unbedenklichkeit der Recyclingdünger nachweisen, könnten erwirken, dass Verpächter\*innen die Verträge hinsichtlich der Nutzung von Recyclingdüngemitteln auf ihren Flächen zukünftig anpassen.**

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Einstellung und Aufgeschlossenheit der Landwirt\*innen aus der Region Barnim, Brandenburg gegenüber den Recyclingdüngemitteln sehr hoch ist. Die Landwirt\*innen sehen große Probleme in der heutigen Wirtschaftsweise. Die Betriebe merken, dass die regionalen Nährstoffkreisläufe nicht mehr funktionieren, und sehen in dem regionalen Recycling von menschlichen Ausscheidungen einen wichtigen Beitrag, um diese Nährstoffkreisläufe wieder zu schließen. Ein Grund hierfür ist das energiearme Herstellungsverfahren der Recyclingdüngemittel. Die Form der Kompostierung wird als energiesparendes und naturnahes Verfahren angesehen und im Vergleich zu anderen Recyclingwegen (Abwasserklärung, Verbrennen von Klärschlamm zur Aschegewinnung) bevorzugt. Entgegen der ausgewerteten Literatur sind sie fest davon überzeugt, dass die Akzeptanz der Verbraucher\*innen und Lebensmittelabnehmer\*innen gegeben sein wird, wenn die rechtlichen Rahmenbedingungen vorhanden und die gedüngten landwirtschaftlichen Erzeugnisse hygienisch unbedenklich sind. Das hohe Bewusstsein der Landwirt\*innen für die Umwelt und die Region fördert hierbei ihre Akzeptanz.

## **5.2 Methodische Diskussion**

Um die Aussagekraft der diskutierten Ergebnisse richtig einzuordnen, werden die Rahmenbedingungen der Erhebung sowie das methodische Vorgehen nachfolgend kritisch betrachtet. Wie bereits unter 3.2 *Datenerhebung durch Expert\*inneninterviews* erläutert, lagen keine Optimalbedingungen für die Fallauswahl der interviewten Betriebe vor. Die Kontaktaufnahme zu den Betrieben stellte sich als äußerst herausfordernd dar, woraufhin eine Stichprobe gewählt werden musste, welche Abweichungen von der angestrebten Stichprobe aufwies. **Betrieb A** war ein Sonderfall aufgrund der starken Extensivierung und **Betrieb B** lag nicht im Barnim, war aber vom ackerbaulichen System sehr gut für die vorgesehenen Fragen geeignet. Durch die starken Kontraste zwischen den Betrieben konnte zu vielen Fragen kein Stimmungsbild erzeugt

werden, sondern eher eine Gegenüberstellung zweier Meinungen. Das Hinzuziehen der Einzelstimmen aus den Gedächtnisprotokollen hat an manchen Stellen ein differenzierteres Ergebnis ermöglicht. Es konnten wichtige Erkenntnisse über die Akzeptanz landwirtschaftlicher Betriebe aus der Region gezogen werden, aber die Darstellungsbreite der Ergebnisse für Ackerbaubetriebe aus der Region Barnim, Brandenburg, ist gering.

### 5.3 Fazit

Die Innovation der Recyclingdüngemittel aus menschlichen Ausscheidungen könnte ein Teil einer Lösung werden, wenn es darum geht, regionale Nährstoffkreisläufe zu schließen und effizienter mit den vorhandenen Ressourcen umzugehen. Die dargestellten Ergebnisse aus Erhebung und Diskussion zeigen den Bedarf und Wunsch von Landwirt\*innen nach solchen regionalen Lösungen. Zeitgleich zeigen sie aber auch, unter welchen Wirtschaftszwängen die Betriebe agieren sowie die damit verknüpfte Herausforderung, ein neues Produkt auf dem aktuellen Düngemittelmarkt zu platzieren. Um dies zu vollziehen, bedarf es unter anderem weiterer Forschungsvorhaben, welche die Düngewirkung und hygienische Sicherheit der Düngemittel nachweisen und die Effizienz der Düngemittel weiterentwickeln. Außerdem benötigt es weiterführender Forschung, welche die Akzeptanz der Landwirt\*innen quantitativ untersucht.

## Literaturverzeichnis

Adam, Roman/Krause, Ariane/Calmet, Anna/Jung, Elsa/Schröder, Corinna/Benecker, Carsten/Kristen, Claudia (2023). Recyclingdünger. Warum wir eine Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen brauchen, um Wasser zu sparen, Schadstoffe zu reduzieren und Ressourcen zu schonen. Berlin, Eberswalde, Großbeeren, Leipzig.

Arzt, Katja (2023). Professur Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Empirische Sozialforschung - Qualitative Interviews. Vorlesung, 02.05.2023. Eberswalde.

Calmet, Anna/Grebner, Annika (2023). Wissenschaftliche Mitarbeiter\*innen des ZirkulierBar Forschungsprojekt. Verwertungstour über Deutschlands erste Pilotanlage. Führung, 18.10.2023. Eberswalde.

- Dresing, Thorsten/Pehl, Thorsten (2018). Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitative Forschung. 8. Aufl. Marburg, Dr. Dresing und Pehl GmbH.
- Gläser, Jochen/Laudel, Grit (2010). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. als Instrumente rekonstruierender Untersuchung. 4. Aufl. Wiesbaden, VS Verlag.
- Häfner, Franziska/Monzon Diaz, Oscar Rodrigo/Tietjen, Sarah/Schröder, Corinna/Krause, Ariane (2023). Recycling fertilizers from human excreta exhibit high nitrogen fertilizer value and result in low uptake of pharmaceutical compounds. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1038175>.
- HGM Medien/Peick, K. (2021). Phosphorkreislauf und menschliche Eingriffe. Online verfügbar unter <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=105915891> (abgerufen am 08.02.2024).
- Jedelhauser, Michael (2015). Kriterien für die Akzeptanz von recyceltem Phosphatdünger aus Abwasser und Klärschlamm. Ergebnisse einer Praxisbefragung von ökologisch wirtschaftenden Landwirten. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.
- Knittel, Harry/Albert, Erhard (2003). Praxishandbuch Dünger und Düngung. Bergen/Dumme, AgriMedia.
- Kraus, Fabian/Zamzow, Malte/Hoffmann, Carlotta/Bessai, Ann-Kathrin/Fischinger, Stephanie/Muskolus, Andreas/Kabbe, Christian (2019). Einsatzmöglichkeiten für Nährstoffzyklate im Ökolandbau. Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH. Berlin.
- Krause, Ariane/Schröder, Enno/Hirschhausen, Christian von/Augustin, Florian/Häfner, Franziska, Bornemann, Gerhild/... (2021). Ressourcen aus der Schüssel sind der Schlüssel. Strategiepapier zur Sanitär- und Nährstoffwende: Wertstoffe zirkulieren, Wasser sparen und Schadstoffe eliminieren. Diskussionspapier.
- Kuckartz, Udo (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3. Aufl. Weinheim.
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2014). Nährstoffkreisläufe im landwirtschaftlichen Betrieb. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/guelle/duenger/betriebskreislauf.htm> (abgerufen am 08.02.2024).
- Quiring, Oliver (2006). Methodische Aspekte der Akzeptanzforschung bei interaktiven Medientechnologien. München.
- Schäfer, Martina/Keppler, Dorothee (2013). Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung. Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen. TU-Berlin. Berlin.
- Schröder, Enno (2020). Donald ist weg. Die DIN SPEC ist da! Online verfügbar unter <https://goldeimer.de/blogs/blog/din-spec> (abgerufen am 08.02.2024).

Searles, Katja (2023). Wissenschaftliche Mitarbeiterin des ZirkulierBar Forschungsprojekts. Rücksprachetermin Bachelorarbeit. Mündlich, 27.10.2023. Online-Sitzung.

Vandré, Robert/Klages, Susanne/Schwab, Markus (2008). Kompost in der Landwirtschaft. Bonn, AID.

Vuna (2024). Urin-Recycling-Technologie. Online verfügbar unter <https://vuna.ch/urin-recycling-technologie/> (abgerufen am 08.02.2024).

zirkulierBar (2024). Technische Voraussetzungen zum Recycling von menschlichen Ausscheidungen. Für eine breitere Anwendung der Innovation. Online verfügbar unter <https://zirkulierbar.de/das-projekt/technische-voraussetzungen/> (abgerufen am 08.02.2024).

### **Persönliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, Gustav Griep, die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig erstellt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben. Alle Angaben von Dritten (wörtlich oder sinngemäß) sind ordnungsgemäß belegt. Die Arbeit wurde in dieser oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfstelle vorgelegt.

---

Datum, Unterschrift