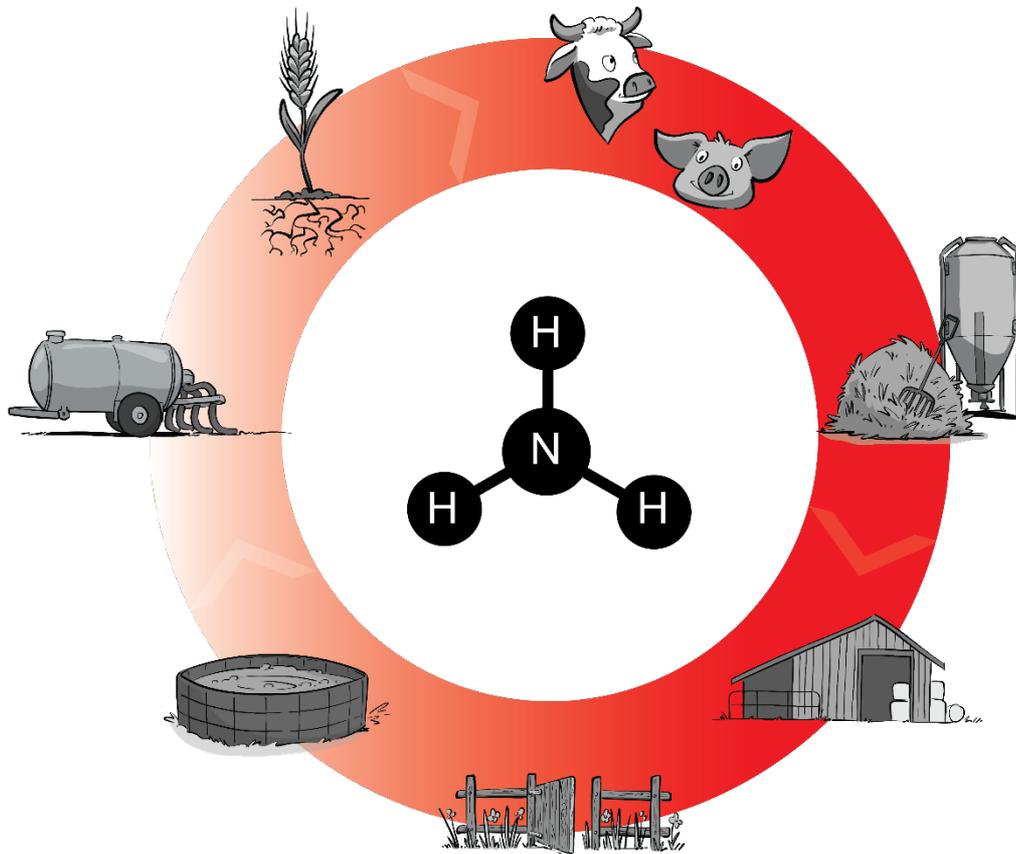




SPIN-OFF  
of Eawag



# Vorabklärung Innovative Projekte: **Biologische Gülle- Stabilisierung zur Senkung von Ammoniak- Emissionen** Synthesebericht

Version: 1.3

Datum: 1. April 2021

Kontakt:

Vuna GmbH  
Überlandstrasse 129  
8600 Dübendorf  
+41 44 586 44 49  
www.vuna.ch

## Inhalt

Güllestabilisierung Hintergrund	2
Ziel 1: Pilotversuch auf Betrieb	3
Ziel 2: Skalierung und Positionierung auf dem Markt	4
Ziel 3: Projektantrag für grosstechnische Versuche	6
Ausblick	6

# Güllestabilisierung zur Senkung von Ammoniak-Emissionen – Hintergrund

## Vision

Die Nitrifikation von Gülle ist ein etabliertes Verfahren, welches das flüchtige Ammoniak in der Gülle zu stabilem Nitrat umwandelt und so Emissionen während dem Abfluss ins Lager, der Lagerung und Ausbringung verhindert. Mit den installierten Systemen erreichen wir eine wirtschaftlich tragbare und zugleich umweltrelevante Reduktion der Ammoniak-Emissionen.

## Motivation

**Hauptemittent:** Die Landwirtschaft ist schweizweit für 93% der Ammoniak-Emissionen in die Atmosphäre verantwortlich. Der Anteil der Tierhaltung daran beträgt 90%. Die Reduktion der Ammoniak-Emissionen stagniert seit 2000.  
**Innovative Lösungen sind gefragt.**

**Lagern/Ausbringen:** Von den Gesamtemissionen in der Schweiz entstehen 10% während der Lagerung und 34% während der Ausbringung von Gülle. Somit ist der grösste Hebel, um Emissionen zu verhindern, eine Stabilisierung der Gülle vor der Lagerung.  
**Die grösstmögliche Reduktionswirkung wird erreicht.**

**Stickstoffeffizienz:** Die Nitrifikation ist ein biologisches Verfahren, das in der Abwasserreinigung seit Jahrzehnten eingesetzt wird und Stickstoff effizient von Ammoniak zu Nitrat umwandelt. Die Eawag und Vuna haben das Verfahren für menschlichen Urin weiterentwickelt. Durch die biochemischen Prozesse sinkt der pH-Wert und verhindert so das Ausgasen des restlichen Ammoniaks. Der Stickstoff entweicht nicht mehr als Luftschadstoff.  
**Die Stickstoffeffizienz steigt.**

**Nitritsensor:** Durch hohe Ammoniak-Konzentrationen in der Gülle akkumuliert sich leicht Nitrit, das Zwischenprodukt der Nitrifikation. Nitrit ist toxisch in der Umwelt sowie für die nitrifizierenden Bakterien. Deshalb gerät der biologische Prozess aus dem Gleichgewicht und kommt zum Stillstand. Mit einem neu entwickelten Sensor ist es der Eawag und Vuna gelungen, Nitrit direkt in der Flüssigkeit messbar zu machen und so das Verfahren stabil zu betreiben.  
**Der Anlagen-Betrieb ist stabil.**

**Laborversuche:** Eawag und Vuna haben die Nitrifikation von Gülle in einer Studienarbeit im Frühling 2020 untersucht. Dabei wurde Hargülle von Rindern und Schweinen in einer Laboranlage unter realen Bedingungen nitrifiziert. Die Versuche haben gezeigt, dass das Verfahren auch für Gülle anwendbar ist.  
**Die Machbarkeit ist bereits bewiesen.**

## Ziele der Projektinitiative

Ein Pilotversuch zur Nitrifikation von Gülle auf einem Tierhaltungsbetrieb ist abgeschlossen. Die nächsten Schritte für eine grosstechnische Umsetzung und den Markteintritt stehen fest.

### 1. Pilotversuch auf Betrieb

**Ziel:** Die mobile Nitrifikationsanlage von Vuna, der UrinExpress, ist auf einem Tierhaltungsbetrieb im Einsatz und liefert Erkenntnisse für die Skalierung der Anlage auf Betriebsgrösse.

**Beteiligte:** Betrieb, Schauer Agrotronic, Vuna.

### 2. Planung Skalierung und Positionierung auf dem Markt

**Ziel:** Vuna und Schauer Agrotronic planen die Skalierung der Anlage auf volle Betriebsgrösse zur Behandlung von bis zu 5 m<sup>3</sup> Hargülle pro Tag. Das Pflichtenheft für die grosstechnische Anlage steht fest. Der Preis für die Anlage ist abgeschätzt und ist wirtschaftlich vorteilhaft gegenüber vergleichbaren Massnahmen zur Reduktion von Ammoniak-Emissionen.

**Beteiligte:** Agrofutura, Schauer Agrotronic, Vuna. Mit Inputs vom Strickhof, Luzerner Bauernverband, Agridea.

### 3. Projektantrag für grosstechnische Versuche

**Ziel:** Ein Projektantrag für grosstechnische Versuche auf mindestens zwei Betrieben ist erstellt.

**Beteiligte:** Agrofutura, Schauer Agrotronic, Strickhof, Vuna.

# Ziel 1: Pilotversuch auf Betrieb

## Hintergrund

In der Rindviehhaltung wird Ammoniak hauptsächlich aus dem Harn auf den Laufflächen freigesetzt. Bauliche Massnahmen wie der Einbau einer Harnsammelrinne kombiniert mit einem Quergefälle können die Ammoniak-Emissionen im Stall vermindern, indem der Harn schnell abgeleitet wird. Die gesammelte Harngülle kann anschliessend mit dem Vuna-Verfahren vor dem Lagern und Ausbringen mittels Nitrifikation stabilisiert werden.

## Vorgehen

Der UrinExpress mit der mobilen Nitrifikationsanlage wurde im Dezember 2020 auf dem Rindvieh-Betrieb von Daniel Waser in Dierikon LU aufgestellt und mit Gülle betrieben. Über drei Wochen wurden rund 3 m<sup>3</sup> Harngülle behandelt.

Der Laufstall ist mit Harnsammelrinnen und Entmistungsschiebern ausgestattet. Die kotarme Gülle wurde analysiert und nitrifiziert. Die feststoffreiche Gülle wurde separat gesammelt, analysiert und in einem weiteren Versuch mit der nitrifizierten Harngülle gemischt, um zu sehen ob das Entgasen weiterhin verhindert wird.

## Funktionsweise

Das Vuna-Verfahren wurde entwickelt, um menschlichen Urin zum Flüssigdünger Aurin aufzubereiten. Das BLW hat Aurin 2018 als Dünger für alle Pflanzen zugelassen. Seit 2013 wird das Aufbereitungsverfahren von Eawag und Vuna laufend weiterentwickelt. Das Verfahren stabilisiert und konzentriert den Urin und entfernt Medikamentenrückstände. Die wichtigste Stufe der Aufbereitung ist die Nitrifikation, während der Bakterien Ammoniak teilweise in Nitrat umwandeln und so die Flüssigkeit stabilisieren, das heisst, Ammoniak kann nicht mehr ausgasen.

In Labor- und ersten Feldversuchen konnten Vuna und die Eawag zeigen, dass sich das Verfahren auch für die Stabilisierung von Gülle eignet.

## Vorteile für die Landwirtschaft

**Stabilisierung:** Ammonium in der Gülle wird von Bakterien zu 80% in Nitrat umgewandelt. Gleichzeitig produzieren die Bakterien durch den Ammoniak-Abbau auch Säure. Dadurch kann sich aus der stabilisierten Gülle kein Ammoniak mehr verflüchtigen, ungeachtet der Lagerverhältnisse oder Ausbringtechnik.

**Antibiotika:** Bei Bedarf kann ein Aktivkohlefilter Antibiotika und weitere Medikamentenrückstände herausfiltern. Es gelangen keine Antibiotika mehr in die Umwelt, wo sie zu negativen Auswirkungen führen können.

**Konzentration:** Bei Bedarf kann die stabilisierte Gülle aufkonzentriert werden. Dadurch verringert sich das Volumen zur Lagerung oder das Gewicht zum Transport bei beschränkt verfügbaren Kapazitäten.

## Versuchsergebnisse

**Zusammensetzung:** Die Rohgülle war in der Zusammensetzung sehr variabel. Die Stickstoffkonzentrationen lagen eher tief, dafür lag ein hoher chemischer Sauerstoffbedarf und Feststoffgehalt vor. Die tiefe Stickstoffkonzentration entsteht durch Verluste zwischen der Ausscheidung und der Güllegrube und durch Verdünnung mit Dach- und Spülwasser. Die feststoffreiche Gülle wies ebenfalls eine hohe Variabilität und einen höheren organischen Kohlenstoffgehalt vor.

**Feststoffe:** Feststoffe setzten zu Beginn der Versuche die Dosierpumpe zu, da diese für menschlichen Urin ausgelegt war. Im Vollmassstab soll eine geeignete Pumpe eingesetzt werden. Es ist zu prüfen, wie eine vorgängige Feststoffabscheidung (Separator oder Absetztank) eingebaut werden kann.

**Nitrifikation:** Die Nitrifikation funktioniert gut, 80% des Ammoniums in der Gülle wird zu Nitrat umgewandelt. Die nitrifizierte Gülle ist stabil und stinkt nicht. Die Nitrifikation ist temperaturabhängig (min. 12°C). Im Pilotversuch wurde deshalb die mobile Anlage temperiert. Im Vollmassstab sollen die Tanks unterirdisch verlegt oder, falls oberirdisch aufgestellt, gut isoliert werden, damit die Temperatur konstant bleibt. Der Prozess generierte viel Schaum, der aus den Gefässen in der mobilen Anlage überquoll. Im Vollmassstab muss genügend Luftraum eingeplant werden bzw. ein Sprinklersystem, welches den Schaum eindämmt.

**Mischung:** Ob und in welchem Ausmass es beim Zusammenführen der stabilisierten Dünggülle und der Feststofffraktion der Gülle zu Denitrifikation (Verlust des Stickstoffs als Luftstickstoff N<sub>2</sub>) kommt, ist noch unklar.

## Zusammenfassung

In diesem ersten Pilotversuch wurde erfolgreich gezeigt, dass Gülle mit dem Vuna-Verfahren stabilisiert werden kann. Die Implementierung auf landwirtschaftlichen Betrieben ist möglich. Die Zusammensetzung der Gülle hängt unter anderem auch von der Anordnung sowie der Stallausrüstung, -nutzung und -reinigung ab. Die stabilisierte Gülle stinkt nicht. Die Auswirkungen der Zusammenführung der stabilisierten Gülle mit Feststoffen zur Ausbringung muss noch abgeklärt werden.

## Ziel 2a: Planung Skalierung und Positionierung auf dem Markt (Pflichtenheft und Kostenschätzung)

### Pflichtenheft: Anforderungen an grosstechnische Anlagen

Das Pflichtenheft für grosstechnische Anlagen wurde erstellt. Die Anforderungen für eine Implementation wurden von den beteiligten Personen vom Strickhof, Agridea, Agrofutura und dem Luzerner Bäuerinnen- und Bauernverbandes (LBV) mit den folgenden Prioritäten bewertet (Durchschnitt aus allen Rückmeldungen):

- 1 = höchste Priorität, absolutes Muss
- 2 = zweite Priorität, immer noch erforderlich
- 3 = wünschenswert, aber nicht absolut notwendig
- 4 = nicht erforderlich

Bereich	Anforderung	Priorität
<b>Einbau</b>	Mögliche Nachrüstung von bestehenden Gruben.	1.3
	Kombination mit Massnahmen zur Verhinderung von Stickstoffverlusten im Stall.	1.7
	Anerkennung durch BioSuisse.	2.3
	Kompakte und standardisierte Bauweise.	2.7
<b>Kosten</b>	Bau- und Betriebskosten müssen akzeptabel sein.	1.0
<b>Betrieb</b>	Feststoffe dürfen nicht faulen, keine erhöhten Lachgas- oder Methanemissionen.	1.0
	Anlage muss im Winter funktionieren.	1.0
	Stabiler Betrieb, Pumpen verstopfen nicht, Biologie funktioniert.	1.3
	Betrieb durch Personal mit landwirtschaftlicher Grundausbildung.	1.3
	Ausbringen der stabilisierten Gülle darf Grundwasser nicht mit Nitrat verschmutzen.	1.3
	Zufluss von Antibiotika, Desinfektions- und Putzmittel darf den Betrieb nicht beeinträchtigen.	1.5
	Keine Einschränkung durch gelegentliche Stromausfälle.	2.0
	Telefonservice bei Störungen und Fragen.	2.0
	Feststoff-Akkumulation und Schaum dürfen Betrieb nicht beeinträchtigen.	2.3
	Stabilisierte Gülle muss man mit Feststoffen gemischt ausbringen können (Platzbedarf und Pumpbarkeit).	2.3
	Stickstoffgehalt des Endprodukts muss einfach bestimmt werden können.	2.3
<b>Unterhalt</b>	Unterhalt durch Personal mit landwirtschaftlicher Grundausbildung.	2.7

### Kostenschätzung

Eine Kostenschätzung wurde für eine auf 400 Schweine dimensionierte Anlage mit 6 m<sup>3</sup> Reaktorvolumen durchgeführt. Bauteillisten wurden für zwei Varianten erstellt: Eigenbau und Sequencing Batch Reactor (SBR). Die Kosten sind sehr ähnlich. Mit vorgefertigten Anlagen (SBR) können in Zukunft grosse Stückzahlen abgedeckt werden, mit Eigenbau sind Anpassungen an bestehende Gruben möglich.

Position	Kosten
Total Anlage:	30'000 CHF
Einbau Anlage durch Baumeisterfirma:	20'000 CHF
<b>Total Einbau Anlage:</b>	<b>50'000 CHF</b>

Für die Durchführung der Versuche im Vollmasstab veranschlagen wir zusätzlich folgende Kosten:

Position	Kosten
Planungsleistung Vuna:	20'000 CHF
Projektbegleitung/Entwicklung Vuna:	50'000 CHF
<b>Total Versuchsanlage Vollmasstab:</b>	<b>120'000 CHF</b>

## Ziel 2b: Planung Skalierung und Positionierung auf dem Markt (Kostenrechnung und Vergleich mit anderen Technologien)

### Kostenrechnung

Die Kosten für die Ammoniak-Emissionsminderung mit biologischer Ansäuerung wurden für Mastschweinebetriebe mit Kot-Harn Trennung im Stall, mit Auslauf, und gedeckten Hofdüngerlagern für Betriebsgrösse 400 und 1200 Mastplätze geschätzt.

Emissionsminderung Anlage 400 P:	400 kg N/a
Initialkosten Anlage 400 P:	50'000 CHF
Amortisation 15 a:	3'400 CHF/a
Kosten Strom Belüftung:	400 CHF/a
Kosten Güllpumpe/weitere Teile:	200 CHF/a
Reparatur & Service (2%)	1'000 CHF/a
Versicherung (0.1%)	50 CHF/a
Wert retentiertes NH <sub>3</sub> -N*	-528 CHF/a
Total Kosten:	4'522 CHF/a
<b>Kosten Emissionsminderung:</b>	<b>ca. 11.30 CHF/kg N</b>

Emissionsminderung Anlage 1200 P:	900 kg N/a
Initialkosten Anlage 1200 P:	70'000 CHF
Amortisation 15 a:	4'700 CHF/a
Kosten Strom Belüftung:	800 CHF/a
Kosten Güllpumpe/weitere Teile:	400 CHF/a
Reparatur & Service (2%)	1'400 CHF/a
Versicherung (0.1%)	70 CHF/a
Wert retentiertes NH <sub>3</sub> -N*	-1'188 CHF/a
Total Kosten:	6'182 CHF/a
<b>Kosten Emissionsminderung:</b>	<b>ca. 6.90 CHF/kg N/a</b>

\*Wert retentiertes NH<sub>3</sub>: 1.32 CHF/kg N. Abgeleitet von Ammonsalpeter (27% N) 35.60 CHF/100 kg (Stand: Dez 2020).

### Marktpositionierung

Die biologische Gülleinsäuerung soll für Neubauten sowie als Nachrüstung für bestehende Ställe eingebaut werden. Die Technologie wird für Schweine- & Rindviehbetriebe angeboten.

**Schweinemast:** Aktuell gibt es in der Schweiz etwa 6'070 Schweinemastbetriebe mit insgesamt 780'000 Mastplätzen. Nehmen die Anzahl Betriebe (-5%/a) und die Konsumation von Schweinefleisch (-0.8%/a) unverändert ab, existieren im Jahr 2030 ungefähr 3600 Betriebe mit 720'000 Mastplätzen. Von den Betrieben werden geschätzt 3.5% jährlich neu oder umgebaut. Aktuell sind es also ungefähr 200 pro Jahr und im Jahr 2030 wären es 120.

**Rindviehhaltung:** Es gibt aktuell in der Schweiz etwa 34'000 Rindviehbetriebe mit insgesamt 1'500'000 Plätzen. Nimmt die Anzahl Betriebe konstant ab (-1.5%/a) und bleibt der Rindviehbestand unverändert, existieren im Jahr 2030 ungefähr 29'000 Betriebe mit 1'500'000 Plätzen. Von den Betrieben werden geschätzt 3.5% jährlich neu- oder umgebaut, aktuell jährlich 1200 Betriebe und im Jahr 2030 rund 1000 Betriebe.

**Kostenvergleich:** Die biologische Güllestabilisierung wurde mit alternativen Technologien, wie der konventionellen chemischen Gülleinsäuerung und dem Luftwäscher verglichen. Ein Luftwäscher für eine vergleichbare Stallgrösse kostet ungefähr 120'000 CHF. Eine chemische Gülleinsäuerung beläuft sich bei 1300 Mastplätzen ungefähr auf 160'000 CHF und die jährlichen Kosten auf 5'000 CHF. Unter diesen Marktbedingungen könnte die biologische Güllestabilisierung eine sehr effektive und gleichzeitig kostengünstige Alternative darstellen.

**Düngerqualität:** Die stabilisierte Gülle ist äusserst fließfähig und sickert schnell und ohne Futtermittelverschmutzung im Boden ein. Nährstoffe in der Gülle bleiben erhalten. Stickstoff liegt zu 80% in Form von Nitrat vor und ist dadurch schnell pflanzenverfügbar. Der abgetrennte, feststoffreiche Teil der Gülle enthält viel organisches Material und kann zum Humusaufbau und als Langzeitdünger eingesetzt werden.

**Geruchsbelastung:** Beim Lagern und der Ausbringung von Gülle kommt es oft zu Beschwerden aufgrund der Geruchsbelastung. Die mit dem Vuna-Verfahren stabilisierte Gülle stinkt nicht.

**Aufkonzentrieren:** Die Möglichkeit des Eindampfens der stabilisierten Gülle besteht. Durch die Konzentration kann Transportaufwand eingespart werden. Die Kosten für das Verdampfen in diesem Grössenmasstab sind noch nicht bekannt.

**Einsatz:** Die biologische Gülleinsäuerung wird vorzugsweise mit Technologien kombiniert, welche die tierischen Exkremente in eine feststoffreiche und flüssige Phase trennen (Harnsammelrinne, Separator, o.ä.). Dadurch kann die Effizienz des Verfahrens gesteigert werden.

**Akzeptanz:** Am Tag der offenen Tür beim Pilotbetrieb in Dierikon LU war die Bereitschaft und Offenheit der anwesenden Landwirtinnen und Landwirte für das neuartige Vuna-Verfahren vorhanden, solange es für sie finanziell tragbar ist.

## Ziel 3: Projektantrag für grosstechnische Versuche

Für den Projektantrag für die Implementierung der Güllestabilisierung im Vollmasstab wurden mögliche Förderprogramme und Geldgeber identifiziert und in der untenstehenden Tabelle verglichen.

*Tabelle 1: Übersicht über Förderprogramme und Geldgeber für den Projektantrag*

Kategorie	Geldgeber	Bedingungen/Format	Pot. Betrag	Antrag gestellt
Fördergelder Landwirtschaft	BLW-Ressourcen-Programm	Projekte mit grossen Volumen und breiter Trägerschaft: Mitmachen bei bestehendem Projekten N-Effizienz & Ammoniak mittels Antrag zur Aufnahme als innovative Technologie.	je nach Projekt	ja
Fördergelder Landwirtschaft	AgriQnet	Wertschöpfung in der Landwirtschaft, 50% Eigenleistung, min. 2 teilnehmende Betriebe	80'000	nein, keine direkte Wertschöpfung für Betrieb
Fördergelder Landwirtschaft	QuNaV	Wertschöpfung in der Landwirtschaft, Mehrwert Nachhaltigkeit, 50% Eigenleistung, breitere Trägerschaft	200'000	nein, keine direkte Wertschöpfung für Betrieb
Fördergelder Regionalpolitik	NRP Neue Regionalpolitik	50% Eigenleistung, Fokus auf ländlichem Raum (z.B. LU), Wertschöpfung in der Region	mehrere 100'000	nein, ggf. zukünftig beantragen
Darlehen Innovationen	BAFU Umwelt-technologie-förderung	50% Eigenleistung, Darlehen rückzahlbar Umsatz-anteilig	mehrere 100'000	nein, bereits laufendes Projekt für menschlichen Urin.
Bürgschaft	BAFU Technologiefonds	Verbürgte Darlehen, Rückzahlung bei Erfolg	3'000'000	nein, ggf. zukünftig beantragen
Fördergelder	InnoSuisse Impulsprogramm	Aktuell kann in Projekten zur "Unterstützung von Strukturwandel, disruptiver oder radikaler Innovation" die Eigenleistung des Umsetzungspartners auf 20% begrenzt und auf den Cash-Beitrag verzichtet werden.		nein, bereits laufendes Projekt für Wasser-Recycling

## Ausblick

Die Versuche im Vollmasstab sollen im Rahmen laufender Ressourcenprojekte (N-Effizienz & Ammoniak) durchgeführt werden. Beide Projekte haben für Feldversuche mit innovativen Technologien ein gewisses Budget vorgesehen. Der Antrag für die Aufnahme in die Ressourcenprojekte wurde gestellt und wird von der Projektträgerschaft zurzeit ausgewertet.

Nach Gutheissen der Anträge sollen die Anlagen so bald wie möglich umgesetzt werden (ab Sommer 2021). Für den Einbau der Anlagen steht die Firma Schauer im Gespräch mit entsprechenden Betrieben. Das Ziel ist, den Versuchsbetrieb über alle Jahreszeiten durchzuführen, um die Wintertauglichkeit des Verfahrens unter realen Bedingungen zu testen. Auf die weiteren Anforderungen gemäss Pflichtenheft (S. 3) werden entsprechend berücksichtigt. Für die Anlage sollen vorerst vorgefertigte Tanks verwendet werden. Alternativ kann die Anlage aber auch stets in eine bestehende Güllegrube eingebaut werden.