

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 13 Umwelt und Raumordnung
z. Hd. Mag. Elisabeth Kladiva
Stempfergasse 7
8010 Graz
Per E-Mail an: anlagenrecht@stmk.gv.at

Landeskammer für Land- und
Forstwirtschaft Steiermark
Hamerlinggasse 3
8010 Graz
Tel. +43 316/8050
Fax +43 316/8050-1510
www.stmk.lko.at
stmk.lko.at/datenschutz
office@lk-stmk.at

Dr. Heinrich Holzner
DW: 1348
heinrich.holzner@lk-stmk.at
GZ: Pf-51M/Ho-23

Graz, 30. Juni 2023

**Betreff: Stellungnahme zur Begutachtung Novelle Grundwasserschutzprogramm
ABT13-840/2023-18**

Sehr geehrte Damen und Herren!

Die Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark bedankt sich für die Möglichkeit, zum vorliegenden Entwurf der „Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom [...], mit der das Grundwasserschutzprogramm Graz bis Bad Radkersburg 2018 geändert wird“ Stellung zu nehmen.

Seitens der betroffenen Landwirtinnen und Landwirte wird sehr begrüßt, dass infolge der Reduktion der Nitratwerte im Grazer Feld nun für dieses Gebiet wesentliche Erleichterungen vorgesehen sind. Diese Vorgehensweise ist für die betroffenen Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter eine besondere Motivation, die Bemühungen um ein sauberes Grundwasser engagiert weiterzuführen.

Im Detail wird noch zu drei Punkten wie folgt Stellung genommen:

Ad §5, Abs, 2

§5, Abs, 2 und Ad §5, Abs, 2, Z4, lit b lauten:

„Für jeden land- und forstwirtschaftlichen Betrieb in den Grundwasserkörpern GK 100098 Leibnitzer Feld und GK 100102 Unteres Murtal sind Aufzeichnungen zu führen, in denen von der Bewirtschafterin/dem Bewirtschafter innerhalb einer Woche nach einer land- oder forstwirtschaftlichen Maßnahme im jeweiligen Widmungsgebiet (z. B. Anbau, Düngung, Ernte) nachstehende schlagbezogene Daten einzutragen sind:

Ad Erläuterungen

...

4. Die am jeweiligen Schlag verwendeten stickstoffhaltigen Düngemittel unter Angabe von

...



b) Düngemittelart (Gülle, Biogasgülle/Gärreste, Jauche, Festmist, Handelsname des Mineral- oder Flüssigdüngers, Bezeichnung der sonst verwendeten Stoffe) und deren gemessener und daher heranzuziehender Stickstoffgehalt, ...“

Wie wir schon mehrfach erwähnt haben, bringt nach unserer Erfahrung die Messung von Nährstoffgehalten in Wirtschaftsdüngern gegenüber einer Berechnung dieser Werte auf der Basis der durch die Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV) vorgegebenen Daten keine Erhöhung der Zielgenauigkeit bei der Düngung, da die Messwerte aufgrund der enormen Fehleranfälligkeit sowohl bei der Probenahme als auch bei der Messung sehr großen Streuungen unterworfen sind. Die Berechnung der Werte wäre kostengünstiger, schneller und würde den Vorgaben der NAPV wesentlich besser entsprechen als die umständliche und unsichere Bestimmung der Gehaltswerte über teure Analysen.

Unsere Meinung hinsichtlich der breiten Streuung der Messwerte wird im Wesentlichen auch durch die beiliegende neue Diplomarbeit aus der HBLFA Raumberg-Gumpenstein gestützt.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass es derzeit kein EDV-Programm gibt, das die Eingabe und Berücksichtigung eigener Messwerte bei gleichzeitiger Abstimmung dieser Werte mit den Vorgaben der NAPV unterstützt. Das heißt, dass im Verordnungsgebiet, das überdies größtenteils mit dem Anlage-5-Gebiet der NAPV ident ist, das Herausfinden der jeweils strengsten Bestimmung (NAPV oder Grundwasserschutzprogramm) manuell erfolgen muss, und zwar schlagbezogen! Es ist deshalb nicht weiter verwunderlich, dass die Umsetzung der Vorgabe des §5, Abs, 2, Z4, lit b, wonach ein „gemessener“ Wert heranzuziehen ist, nur sehr schleppend verfolgt wird, da diese Bestimmung aufgrund der nicht vorhandenen technischen Unterstützung die Beratungskräfte - besonders aber die Landwirte - überfordert.

Die Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark ersucht daher, die Notwendigkeit einer zwingenden Gülleanalyse – vor allem im Vergleich zur wesentlich kostengünstigeren Berechnungsmethode – einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Die Verpflichtung zur Messung von Stickstoffgehaltswerten soll ausschließlich nur dann bestehen bleiben, wenn wissenschaftlich eindeutig nachgewiesen werden kann, dass mit Hilfe der Messwerte die Düngung wasserschonender gestaltet werden kann als mit Hilfe der berechneten Werte. Im Fall der Beibehaltung der Bestimmung müsste darüber hinaus die Erweiterung bereits bestehender EDV-Programme (ÖDüPlan, Agrarcommander, LBG Bodenwächter u.a.) finanziell unterstützt werden, da die manuelle Abarbeitung der Vorgaben – wie bereits angedeutet - praktisch nicht umsetzbar ist.

Eine einfache Lösung des Problems könnte bis zur Evaluierung 2025 darin bestehen, §5, Abs, 2, Z4, lit b folgendermaßen zu formulieren:

„b) Düngemittelart (Gülle, Biogasgülle/Gärreste, Jauche, Festmist, Handelsname des Mineral- oder Flüssigdüngers, Bezeichnung der sonst verwendeten Stoffe) und deren gemessener oder auf Basis der Datengrundlagen der Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (BGBl. II 495/2022) berechneter und daher heranzuziehender Stickstoffgehalt, ...“

Ad Erläuterungen

Auf den Seiten 3 und 4 sind die jeweils letzten Textabsätze folgendermaßen formuliert:

„Da hier überwiegend Wirtschaftsdünger eingesetzt wird, ist ... nicht von der Hand zu weisen, dass neben dem Zweck des Düngens auch immer noch vereinzelt jener der Entsorgung verfolgt wird. Zudem wird in noch zu geringem Ausmaß der Stickstoffgehalt der anfallenden Gülle gemessen und bei der Ausbringung berücksichtigt, um eine zielgenaue Nährstoffzufuhr zu erreichen.“

Nach unserer Ansicht reichen für die Fortführung der Grundwasserschutzprogramm-Verordnung in den Grundwasserkörpern Leibnitzer Feld und Unteres Murtal die Entwicklungen der Nitratwerte als Begründung aus. Es ist aus unserer Sicht nicht zulässig, hierzu Pauschal-Annahmen heranzuziehen, die die Tierhalter – völlig unabhängig vom Bemühen des Einzelnen – hinsichtlich potenzieller illegaler Handlungen und den daraus resultierenden Grundwasserbelastungen unter Generalverdacht stellen.

Zum Hinweis, dass die Stickstoffgehalte in Gülle in einem zu geringen Ausmaß gemessen würden, verweisen wir auf die Anmerkungen zu §5, Abs, 2, Z4, lit b.

Die Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark regt daher die ersatzlose Streichung der beiden o.a. Absätze an.

Ad Anlage 4a

In der Übersicht entsprechen die Bezeichnungen der Tiles noch nicht den neuen Bezeichnungen der Detailkarten. Die Beschriftungen „2B-1“ bis „2B-58“ gehören hier in „4B-1“ bis „4B-58“ geändert.

Mit freundlichen Grüßen



ÖR Franz Titschenbacher
Präsident




Dipl.-Ing. Werner Brugner
Kammerdirektor

Diplomarbeit

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Probennahme von Wirtschaftsdünger

Johannes Schiefer, Lukas Simoner

Schule

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Schulart

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft

Fachrichtung/Ausbildungsschwerpunkt

Agrarmanagement

Titel der Diplomarbeit

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Probennahme von Wirtschaftsdünger

Verfasser/innen

Johannes Schiefer

Lukas Simoner

Betreuer/innen

DI Andreas Klingler

Projektpartner/innen

Familie Neuper vlg. Hauserbauer

Familie Schweiger vlg. Empl

Verfasst im

März 2023

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe. Weiters stimme ich zu, dass die Inhalte der Arbeit von den Betreuern der Diplomarbeit und von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein für Publikationen und Vorträge uneingeschränkt verwendet werden dürfen.

Raumberg-Gumpenstein, am 31. März 2023



.....
Johannes Schiefer



.....
Lukas Simoner

Vorwort und Danksagung

Die vorliegende Diplomarbeit widmet sich dem Thema: „Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Probennahme von Wirtschaftsdünger.“

Unsere Arbeit schrieben wir mit der Zielsetzung, aussagekräftige und repräsentative Wirtschaftsdüngeranalysen sowohl für die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte als auch für die praktische Wirtschaftsdüngerausbringung zu gewährleisten.

Die tatsächliche praktische Durchführung der Probenziehung fand Ende März 2022 statt. Danach wurden unsere Proben im Labor untersucht. Als wir die Ergebnisse hatten, bewerteten wir mit unserem Betreuer DI Andreas Klingler die Ergebnisse und versuchten mögliche Schlussfolgerungen für Unterschiede festzustellen.

Wir, Johannes Schiefer und Lukas Simoner, möchten uns in diesem Sinne bei allen bedanken, die uns diese Diplomarbeit ermöglichten.

Vor allem danken wir DI Andreas Klingler, der unsere Diplomarbeit betreute, uns stets zur Seite stand und uns Hilfestellung gab, sowohl während des Versuches als auch bei der Auswertung der Ergebnisse.

Wir bedanken uns bei Herrn Medardus Schweiger, der zum einen die Multisamplermethode ausführte und zum anderen seinen heimatlichen Betrieb für unseren Versuch zur Verfügung stellte.

Weiters sind wir dankbar dafür, dass uns Franz Neuper ebenfalls seinen heimatlichen Betrieb für unseren Versuch zur Verfügung stellte.

Wir bedanken uns bei weiteren Mitarbeitern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, die uns bei der Durchführung des Versuches unterstützten.

Zu guter Letzt sei unseren Eltern ein Dank ausgesprochen, die uns diese Schule und Ausbildung überhaupt erst ermöglicht haben, für ihre wertvollen Ratschläge und Unterstützungen, auf die wir immer zählen können.

Johannes Schiefer

Lukas Simoner

Irdning-Donnersbachtal, 23.03.2023

Zusammenfassung

In der Diplomarbeit geht es um den Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Probenahme von Wirtschaftsdünger mit dem Hintergrund, ein Procedere zu identifizieren, nach welchem Landwirtinnen und Landwirte möglichst repräsentative Ergebnisse der Nährstoffkonzentration in ihrer Rindergülle ermitteln können.

Für den Versuch wurden zwei unterschiedliche Methoden herangezogen. Zum einen, die simpler aufgebaute „Schöpfkellenmethode“ und zum anderen die komplexere „Multi-samplermethode.“ Beide Methoden wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten vor, während und nach einem Homogenisierungsvorgang durchgeführt.

Die Untersuchung wurde vor der ersten Frühjahrsausbringung im Zeitraum von zwei aufeinander folgenden Tagen durchgeführt. Es wurden zwei mit unterschiedlichen Güllelager-systemen ausgestattete Betriebe für das Projekt herangezogen. Die Analyse wurde aus insgesamt 90 Proben erarbeitet und im Labor in Raumberg-Gumpenstein durchgeführt.

Wir konnten einen signifikanten Einfluss der Methoden, der Zeitpunkte, der Betriebe und der Personen feststellen. Ebenso konnten signifikante Wechselwirkungen identifiziert werden. Das Ergebnis unterstreicht die schwere Homogenisierbarkeit und die in weiterer Folge schwer zu erreichende Repräsentativität von Wirtschaftsdüngerproben.

Für die praktische Durchführung von Gülleprobenziehungen bedeutet das, dass nur klar definierte und auch validierte Methoden, welche in einem umfassenden Versuch geprüft werden, zu agronomischen und rechtlichen Belangen herangezogen werden können.

Summary

Comparison of different methods for sampling manure

The diploma thesis deals with the comparison of different methods for sampling manure. The intention is to identify a procedure for farmers to determine representative results of the nutrient concentration in their cattle slurry.

We used two different methods in the experiment. On the one hand, the more straightforward "ladle method" and on the other hand, the more complex "multi-sampler method". We carried out both methods at different points in time before, during and after homogenization.

We selected two consecutive days before the first spring application to conduct the sampling. Two farms equipped with different slurry storage systems were part of the project. The analysis was made from 90 individual samples and analysed in the laboratory of the agricultural research and education centre Raumberg-Gumpenstein.

We were able to identify a significant influence of the methods, the time points, the farms, the persons, and interactions. The result underlines the difficulty of homogenizing and achieving the representativeness of farm manure samples.

For the practical implementation of manure sampling, only clearly defined and validated methods, tested in a comprehensive trial, can be used for agronomic and legal issues.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	III
Vorwort und Danksagung.....	IV
Zusammenfassung.....	VI
Summary	VII
Inhaltsverzeichnis.....	VIII
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	XI
1 Einleitung und Stand des Wissens	1
1.1 Grünland in Österreich	1
1.2 Wirtschaftsdünger	1
1.3 Rechtliche Grundlagen	2
1.3.1 EU-Nitratrichtlinie.....	2
1.3.2 Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung.....	2
1.4 Wirtschaftsdüngeranalysen.....	3
2 Fragestellungen und Ziele	4
3 Material und Methoden.....	5
3.1 Standorte.....	5
3.1.1 Standort Altirdning	5
3.1.2 Standort Schlattham.....	6
3.2 Versuchsdesign.....	7
3.2.1 Schöpfkellenmethode.....	8
3.2.2 Multisamplermethode.....	10
3.2.3 Zeitpunkt der Beprobung	11
3.3 Analytische Auswertung.....	12
3.4 Statistische Auswertung.....	13
4 Ergebnisse und Diskussion	14
4.1 Trockenmassegehalt.....	14
4.1.1 Schöpfkellenmethode.....	14
4.1.2 Multisamplermethode.....	15

4.2	pH-Wert.....	16
4.2.1	Schöpfkellenmethode.....	16
4.2.2	Multisamplermethode.....	17
4.3	Inhaltsstoffe in der Trockenmasse	18
4.3.1	Phosphorgehalt	18
4.3.1.1	Schöpfkellenmethode.....	18
4.3.1.2	Multisamplermethode.....	19
4.3.2	Kaliumgehalt.....	20
4.3.2.1	Schöpfkellenmethode.....	20
4.3.2.2	Multisamplermethode.....	21
4.3.3	Schwefelgehalt	22
4.3.3.1	Schöpfkellenmethode.....	22
4.3.3.2	Multisamplermethode.....	22
4.3.4	Gesamtstickstoff.....	23
4.3.4.1	Schöpfkellenmethode.....	23
4.3.4.2	Multisamplermethode.....	24
4.3.5	Stickstoffanalyse nach Dumas	25
4.3.5.1	Schöpfkellenmethode.....	25
4.3.5.2	Multisamplermethode.....	26
4.3.6	Ammoniumstickstoff	27
4.3.6.1	Schöpfkellenmethode.....	27
4.3.7	Ammoniumstickstoff	28
4.3.7.1	Multisamplermethode.....	28
4.4	Inhaltsstoffe in der Frischmasse.....	29
4.4.1	Gesamtstickstoff.....	29
4.4.1.1	Schöpfkellenmethode.....	29
4.4.1.2	Multisamplermethode.....	30
4.4.2	Stickstoff nach Dumas	30
4.4.2.1	Schöpfkellenmethode.....	30
4.4.2.2	Multisamplermethode.....	31
4.4.3	Ammoniumstickstoff	32
4.4.3.1	Schöpfkellenmethode.....	32
4.4.3.2	Multisamplermethode.....	33
5	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	34

6 Literaturverzeichnis..... 36

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1: Güllegrube von der Seite, Betrieb Neuper (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)	6
Abbildung 2: Öffnung der Güllegrube, Betrieb Schweiger (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)	7
Abbildung 3: Schöpfkelle, bei der Beprobung (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022) ...	9
Abbildung 4: Beprobungsprozedere und anschließendes Probenmanagement (Quelle: Klingler, 2022)	9
Abbildung 5: Einstichprobenpunkte, Betrieb Neuper (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)	10
Abbildung 6: Probennahme mittels Multisamplermethode (Quelle: Schiefer und Simoner, 2023)	11
Abbildung 7: Rührwerk in Bewegung, Betrieb Neuper (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)	12
Abbildung 8: Trockenmassegehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Personen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Personen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.	14
Abbildung 9: Trockenmassegehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.	15

Abbildung 10: pH-Wert ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 16

Abbildung 11: pH-Wert ermittelt mit der Multisamplermethode in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 17

Abbildung 12: Phosphorgehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 18

Abbildung 13: Phosphorgehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 19

Abbildung 14: Kaliumgehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 20

Abbildung 15: Kaliumgehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 21

Abbildung 16: Schwefelgehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 22

Abbildung 17: Schwefelgehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$;

unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 23

Abbildung 18: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 23

Abbildung 19: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 24

Abbildung 20: Stickstoff nach Dumas ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 25

Abbildung 21: Stickstoff nach Dumas ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 26

Abbildung 22: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 27

Abbildung 23: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 28

Abbildung 24: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 29

Abbildung 25: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 30

Abbildung 26: Stickstoff nach Dumas ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 31

Abbildung 27: Stickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 31

Abbildung 28: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube 32

Abbildung 29: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube. 33

Tabellen

Tabelle 1: Methoden und Zeitpunkte der Beprobung 8

Tabelle 2: Analytische Auswertung..... 12

1 Einleitung und Stand des Wissens

1.1 Grünland in Österreich

Die flächenmäßig wichtigste Kulturart in Österreich ist das Grünland. Die vielen unterschiedlichen Pflanzen und vielseitigen Nutzungstypen sowie die damit einhergehende offene und gepflegte Kulturlandschaft in Österreich sind als besonders erhaltenswert zu erachten. Das österreichische Dauergrünland (Feldfutterbau inklusive) umfasst laut INVEKOS-Daten 1,33 Millionen Hektar. Von diesen 1,33 Millionen Hektar werden 54% intensiv genutzt. Zum intensiv genutzten Dauergrünland zählen Dauerweiden, Mähweiden/-wiesen mit drei und mehr Nutzungen pro Jahr sowie der Feldfutteranbau. 46% werden extensiv genutzt, dazu werden auch Almfutterflächen und Bergmähder gezählt (vgl. BML, 2022, 43).

1.2 Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdünger sind zentrale Ressourcen für die Nährstoffversorgung von Grünlandflächen. Der effiziente Einsatz von wirtschaftseigenem Dünger führt zu einer Verbesserung der Grundfutterqualität, wodurch auch der Kraftfutteraufwand verkleinert werden kann. Der mit dem richtigen Einsatz von organischem Dünger verbundene geringere Aufwand an Mineraldüngern stellt eine effektive Maßnahme zur Minimierung von betriebsexternen Nährstoffquellen dar und fördert zudem eine kreislaufbezogene Bewirtschaftung. Durch das Einsparen zusätzlicher Kosten für Produktionsmittel ist diese Strategie ökonomisch sowie auch ökologisch von Vorteil. Die kreislaufbezogene, standortangepasste Bewirtschaftung ist somit ein wichtiger Bestandteil zur Offenhaltung der österreichischen Kulturlandschaft (vgl. Pötsch, et al., 1997).

Man unterteilt Wirtschaftsdünger in unterschiedliche Arten. Festmist setzt sich aus Kot, Harn, Einstreu und Futterresten zusammen. Tiefstallmist setzt sich aus den Ausscheidungen der Tiere und hohen Mengen an Einstreu zusammen. Im Unterschied zum Festmist-

Jauche-System, ist der Harn dabei vollständig im Tiefstallmist gebunden. Ein weiterer Wirtschaftsdünger ist die Jauche. Sie besteht hauptsächlich aus Harn, kann aber ebenso zu geringem Anteil Kot und Einstreu enthalten. Ebenso kann die Jauche Sickersaft von Festmiststapeln enthalten. Gülle hingegen setzt sich aus Harn, Kot, Wasser, Futterresten und Einstreuteilen zusammen. Jauche und Gülle werden auch als flüssige Wirtschaftsdünger bezeichnet, dadurch unterscheiden sie sich von den festen Wirtschaftsdüngern (Festmist und Tiefstallmist). Eine Sonderstellung hat die Mistverflüssigung, bei der Stallmist und Jauche vermischt und mittels Flüssigmisttechnik ausgebracht werden (vgl. BMLRT, 2022, 116f).

1.3 Rechtliche Grundlagen

1.3.1 EU-Nitratrichtlinie

Bei der EU-Nitratrichtlinie (91/676/EWG, 1991) wird der Schutz von Gewässern vor Verunreinigungen durch Nitrat aus der Landwirtschaft auf Basis der guten fachlichen Praxis als Ziel angestrebt. Die Mitgliedsstaaten der EU sind für die erfolgreiche Umsetzung verschiedener Maßnahmen verantwortlich.

1.3.2 Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung

Die Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV, 2022) ist die innerstaatliche Umsetzung der EU-Richtlinie (91/676 EWG, 1991). Das Risiko hoher Nitratkonzentrationen im Grundwasser und in Oberflächengewässern kann durch die Senkung des Auswaschungspotentials, des Abschwemmungsrisikos und durch die Erosionsverminderung verkleinert werden. Dies wirkt sich positiv auf die menschliche Gesundheit durch die höhere Qualität von Trinkwasser und Badegewässern aus. Des Weiteren werden positive Effekte auf die biologische Vielfalt in Fauna und Flora angestrebt. Eine optimale Nährstoffversorgung der Grünlandböden mit Wirtschaftsdüngern fördert zudem die Bodenfruchtbarkeit und sichert nachhaltig stabile Grünlanderträge.

Neben den Richtlinien, Verordnungen und Aktionsprogrammen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen gibt es zahlreiche weitere rechtliche Grundlagen wie z.B. das Wasserrechtsgesetz 1959, die Trinkwasserverordnung 2001, die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser oder die Richtlinie für sachgerechte Düngung. Diese Fülle an Rechtsvorschriften verdeutlicht das Potential für negative Umweltwirkung bei nicht-sachgemäßem Einsatz von Wirtschaftsdüngern.

1.4 Wirtschaftsdüngeranalysen

In einem Wirtschaftsdünger stecken wichtige Elemente wie Stickstoff, Kalium, Magnesium, Kalzium und Phosphor, die unverzichtbar für die Nährstoffversorgung des Grünlands sind. Die Nährstoffkonzentrationen und auch die Anfallsmengen können je nach Tierart, Haltung, Leistungsniveau, Futtergrundlage und Lagerung des Wirtschaftsdüngers deutlich variieren. Um ökonomische und ökologische Ziele in der Grünlandbewirtschaftung zu erreichen, ist die Kenntnis über Anfallsmenge sowie eine Einschätzung der chemischen Zusammensetzung des Düngers von Nöten. Landwirte können in diesem Zusammenhang auf gut abgesicherte Tabellenwerte in der Richtlinie für sachgerechte Düngung zurückgreifen. Neben den Tabellenwerten bieten auch einfache Methoden wie eine Güllespindel oder aufwendigere Gülleanalysen die Möglichkeit, die Zusammensetzung der Wirtschaftsdünger zu untersuchen. Wirtschaftsdüngeranalysen bedürfen aber zwingend einer repräsentativen Probenahme. Aufgrund der deutlich ausgeprägten Heterogenität von Wirtschaftsdüngern, sowohl bei den festen als auch bei den flüssigen, ist die Ziehung einer repräsentativen Probe nicht einfach zu gewährleisten. Eine exakt beschriebene und arbeitstechnisch auch sinnvolle Probenziehungsmethode in Abhängigkeit der unterschiedlichen Ausgangsbedingungen ist momentan nicht vorhanden.

2 Fragestellungen und Ziele

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit unterschiedlichen Probenziehungsmethoden von Rindergülle, um zu überprüfen, ob eine geeignete Methode mit ausreichender Wiederholbarkeit, Genauigkeit und mit entsprechender Repräsentativität formuliert werden kann.

Die Forschungsfragen lauten wie folgt:

Gibt es einen Unterschied im Trockenmassegehalt, pH-Wert und in der Nährstoffkonzentration in Abhängigkeit

- a. der Horizonte des Güllelagers,
- b. der Güllegrubensysteme,
- c. der Probenziehungsmethoden,
- d. der Beprobungszeitpunkte und
- e. der durchführenden Personen?

3 Material und Methoden

Im nachfolgenden Kapitel werden Methoden zur Feststellung der Nährstoffkonzentration von Rindergülle untersucht. Für den Versuch wurden zwei landwirtschaftliche Betriebe an den Standorten Altirdning im Gemeindegebiet Irdning-Donnersbachtal sowie Schlattham in der Gemeinde Aigen im Ennstal ausgewählt.

Die Probenziehungen wurden an beiden Standorten im März 2022 jeweils vor der ersten Gülleausbringung durchgeführt.

Die Gruben waren über den Winter gefüllt, die Güllemengen wurden vor Beginn der Messung ermittelt und aufgezeichnet.

3.1 Standorte

3.1.1 Standort Altirdning

Der Betrieb von Franz Neuper vulgo Hauserbauer liegt in Altirdning auf einer Seehöhe von 662 Meter über dem Meeresspiegel. Der Standort weist eine jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge von ca. 1000 Millimeter auf. Die jährliche Durchschnittstemperatur beträgt rund acht Grad Celsius. Der Betrieb hält circa. 90 Rinder, davon sind rund 45 Milchkühe. Die Fütterung besteht auf dem Betrieb Hauserbauer aus Grassilage, Maissilage, Heu, Grummet und Kraftfutter. Der Betrieb Neuper vulgo Hauserbauer steht im Besitz einer betonierten offenen Güllegrube, welche 680 Kubikmeter umfasst. (Abbildung 1)



Abbildung 1: Güllegrube von der Seite, Betrieb Neuper (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)

3.1.2 Standort Schlattham

Der Betrieb von Medardus Schweiger vulgo Empl liegt zwischen den Gemeinden Irdning-Donnersbachtal und Aigen im Ennstal in Schlattham auf einer Seehöhe von 653 Meter über dem Meeresspiegel. Dieser Standort weist eine jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge von circa 1000 Millimeter auf. Die jährliche Durchschnittstemperatur beträgt ebenso rund acht Grad Celsius.

Auf dem Betrieb werden 15 Milchkühe, welche auf einem Güllekeller stehen, sowie neun Masttiere und 19 Jungtiere, welche auf Stallmist stehen, gehalten. Die Fütterung besteht vorwiegend aus Grassilage, Maissilage, Heu, Grummet und Kraftfutter. Die daraus anfallenden Ausscheidungen werden in Stallmist sowie Gülle getrennt und diese wird mit einem Gülle-Wasser- Verhältnis von eins zu 0,5 auf den eigenen Flächen ausgebracht.

Der Betrieb Schweiger besitzt einen betonierten geschlossenen Güllekeller, welcher eine circa ein mal zwei Meter große Öffnung aufweist (Abbildung 2), um den Mixereinsatz sowie das Ansaugen der Gülle in das Güllefass zu ermöglichen. Die Öffnung ist mit Holzblochen

abgedeckt. Die Grube besitzt eine absolute Grubenhöhe von drei Metern und einen Grubendurchmesser von acht Metern. Die tatsächliche Füllstandhöhe zum Zeitpunkt der Messdurchführung betrug 2,54 Meter. Die Ausscheidungen der Tiere werden mittels einer unterirdisch vom Stall in die Grube geleiteten Bahn transportiert und durch das Nachschubprinzip weitergeleitet.



Abbildung 2: Öffnung der Güllegrube, Betrieb Schweiger (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)

3.2 Versuchsdesign

Für die Probenziehung wurden auf beiden Betrieben jeweils zwei unterschiedliche Verfahren, die Schöpfkellenmethode und die Multisamplermethode, zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Die Schöpfkellenmethode wurde jeweils von 2 Personen durchgeführt, um den Effekt der durchführenden Person erfassen zu können. Tabelle 1 bietet einen Überblick über das Versuchsdesign.

Tabelle 1: Methoden und Zeitpunkte der Beprobung

Betriebe:	Neuper	Schweiger
Methoden:	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfkellenmethode • Multisamplermethode 	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfkellenmethode • Multisamplermethode
Zeitpunkte:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vor dem Aufrühren 2. Während des Aufrührens 3. Nach dem Aufrühren der Gülle 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vor dem Aufrühren 2. Während des Aufrührens 3. Nach dem Aufrühren der Gülle
Tiefe:	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfkellenmethode 1 Tiefe • Multisamplermethode 3 Tiefen 	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfkellenmethode 1 Tiefe • Multisamplermethode 3 Tiefen
Personen	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfkellenmethode 2 Personen • Multisamplermethode 1 Person 	<ul style="list-style-type: none"> • Schöpfkellenmethode 2 Personen • Multisamplermethode 1 Person

3.2.1 Schöpfkellenmethode

Die Probenziehung erfolgte unter Zuhilfenahme eines offenen Ein-Liter-Behältnisses, welches auf einem Stab befestigt war (Abbildung 3). Mit dem Stab wurde in die Güllegrube eingedrungen und mit Hilfe des befestigten Behältnisses eine Probe im obersten Horizont der Grube entnommen. Um eine möglichst repräsentative Probenziehung gewährleisten zu können, wurde an 10 unterschiedlichen Stellen eine Einzelprobe entnommen.



Abbildung 3: Schöpfkelle, bei der Beprobung (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)

Die Einzelproben wurden anschließend in einem geeigneten Behältnis zusammengeführt und mit einem akkubetriebenen Mixer homogenisiert. Aus der homogenisierten Probe wurde im Anschluss eine Mischprobe gezogen, welche an Ort und Stelle mittels Kühlbox gekühlt wurde und bis zur weiteren Analyse im Labor anschließend in einer Tiefkühlkammer bei $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ aufbewahrt wurde. Nach jeder Probe wurde das Behältnis für die Mischprobenerstellung sorgfältig gereinigt und wieder in Arbeitsposition gebracht (Abbildung 4).



Abbildung 4: Beprobungsprozedere und anschließendes Probenmanagement (Quelle: Klingler, 2022)

Diese Methode wurde durch zwei Personen durchgeführt. Die Probennahme erfolgte durch jede Person und zu den drei unterschiedlichen Zeitpunkten in dreifacher Wiederholung (Abbildung 5).



Abbildung 5: Einstichprobenpunkte, Betrieb Neuper (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)

3.2.2 Multisamplermethode

Diese Probenziehungsmethode wurde parallel zur Schöpfkellenmethode angewandt und ist dafür geeignet beziehungsweise entwickelt, um aus geschichteten Flüssigkeiten Proben zu entnehmen, ohne dabei die Schichtung zu zerstören (Abbildung 6). Die entnommene Schicht kann dabei fast zur Gänze bestehen bleiben. Mittels Verlängerungsstangen können mit dem Multisampler auch sehr tiefe Proben entnommen werden. Ein Kugelventil verhindert den Verlust der Flüssigkeit im Rohr während des Herausziehens aus der Flüssigkeit (vgl. Eijkelkamp, 2008, 3ff).

Bei dem Multisampler-Verfahren wurde der Einstichumfang an die jeweilige Grubengröße angepasst. Am Betrieb Neuper erfolgten zuerst zehn Einstiche, jedoch nach dem ersten Zeitpunkt nur sechs Einstiche und am Betrieb Schweiger sechs Einstiche von Beginn an, in denselben drei Zeitabschnitten wie bei der Schöpfkellenmethode sowie in jeweils drei ver-

schiedenen Horizonten, unterteilt in oberes, mittleres und unters Drittel. Die Proben wurden immer von der gleichen Person in dreifacher Wiederholung gezogen. Es wurde mit dem Gerät jeweils in die Gülle eingestochen und mittels Seilzugverfahren eine Kugel gehoben, sodass die Gülle in das Glasbehältnis eindringen konnte. Danach wurde der Multisampler wieder herausgezogen und durch eine zweite Person die Verschlussklappe für das darauffolgende Entleeren wieder aufgemacht. Die Homogenisierung erfolgt gleichartig wie bei der Schöpfkellenmethode.



Abbildung 6: Probennahme mittels Multisamplermethode (Quelle: Schiefer und Simoner, 2023)

3.2.3 Zeitpunkt der Beprobung

Bei beiden Probenmethoden wurden dieselben drei Zeitpunkte für die Beprobung herangezogen. Das erste Mal wurde vor dem Homogenisieren, das heißt vor dem Einführen des Mixers, beprobt. Die vorherrschende Schwimmschicht wurde mithilfe des offenen Behältnisses sowie auch mit dem Multisampler durchdrungen. Anschließend wurde ein Rührwerk für das Homogenisieren eingesetzt und 30 Minuten nach der vollständigen Auflösung der Schwimmschicht die zweite Probenziehung durchgeführt. Wichtig dabei war, dass die Gülle im bewegten Zustand war. Am Betrieb Schweiger wurde ein am Traktor befestigter Mixer verwendet, am Betrieb Neuper ein stationäres Rührwerk in der Grube (Abbildung 7). Nach Beendigung des Homogenisierens wurde nach vierstündiger Ruhezeit der Gülle die dritte Beprobung durchgeführt.



Abbildung 7: Rührwerk in Bewegung, Betrieb Neuper (Quelle: Schiefer und Simoner, 2022)

3.3 Analytische Auswertung

Sämtliche Proben wurden bis zur Analyse durch das Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in einem Tiefkühlraum bei -18 °C gelagert. Tabelle 2 bietet einen Überblick über die untersuchten Parameter und die dafür verwendeten Methoden.

Tabelle 2: Analytische Auswertung

Parameter	Methode	Erg.lief./Jahr
pH-Wert	VDLUFA MB II.1 Meth. 11.12	1995
TM	VDLUFA MB II.1 Meth. 15.2.1	2014
Gesamt-N	NH ₄ N + N nach Dumas	
NH ₄ -N	Kjeltec Direktanalyse	
K, P, Mg, Ca	VDLUFA MB II.1 Meth. 4.2.4	2014
S	Verbrennungsmethode mit Wärmeleitfähigkeitsdetektion	

Bei der Verbrennungsmethode nach Dumas verflüchtigt sich der anorganische Stickstoff aufgrund der hohen Temperaturen. Folglich lässt diese Methode nur einen organisch gebundenen Stickstoffnachweis zu. Darum wurde zusätzlich der NH₄-N mit der Kjeltec Direktanalyse untersucht und in weiterer der Gesamtstickstoff als Summe der beiden Analysen (N nach Dumas + NH₄-N) berechnet.

3.4 Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistik-Programm R (Version 4.1.2) (vgl. RCoreTeam, 2021). Die Auswertung erfolgte mit der Funktion "lm = Fitting linear Models".

Im berechneten Modell wurden folgende Effekte berücksichtigt:

Multisamplermodell:

- Tiefe
- Zeitpunkt
- Grube
- Tiefe*Zeitpunkt*Grube

Schöpfkellenmodell:

- Person
- Zeitpunkt
- Grube
- Person*Zeitpunkt*Grube

Aus den Modellen wurden Estimated marginal means (Least-squares means) berechnet, welche im Anschluss paarweise miteinander auf statistische Signifikanz geprüft wurden. Die Korrektur der Signifikanzniveaus der Einzeltests in den multiplen Vergleichen erfolgte nach Bonferroni. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 0,05$ angenommen. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit, dass sich Unterschiede rein zufallsbedingt ergeben, liegt bei unter 5 %. Sämtliche Grafiken wurden mit der Funktion "ggplot" erstellt.

4 Ergebnisse und Diskussion

Im Teil Ergebnisse und Diskussion werden die Ergebnisse der Gülleanalyse genauer dargestellt. Es wird jeder Parameter genau beschrieben und in Form einer Grafik dargestellt.

4.1 Trockenmassegehalt

4.1.1 Schöpfkellenmethode

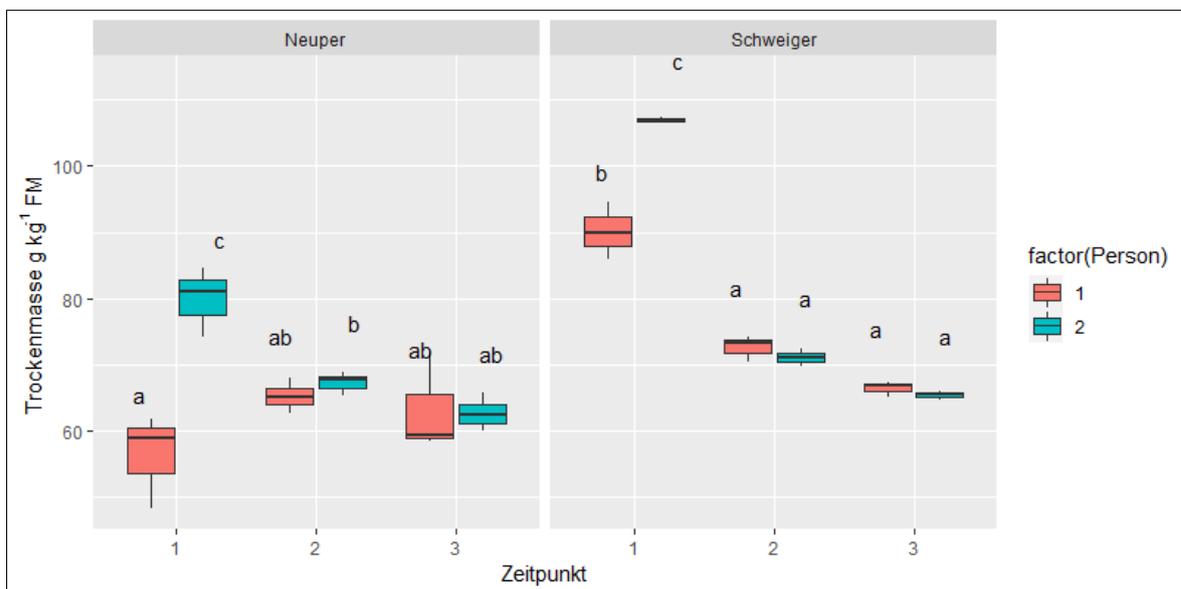


Abbildung 8: Trockenmassegehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Personen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Personen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Auf beiden Betrieben konnten zum Zeitpunkt eins, signifikante Unterschiede zwischen den zwei Personen festgestellt werden. Betrachtet man hingegen den zweiten und dritten Zeitpunkt, konnten keine statistisch abgesicherten Unterschiede festgestellt werden.

Vergleicht man die beiden Betriebe, ist augenscheinlich, dass der Trockenmassegehalt am Betrieb Schweiger bei beiden Personen zum Zeitpunkt eins, deutlich höhere Werte aufweist als am Betrieb Neuper. Dieses Ergebnis lässt sich möglicherweise auf das Entnehmen der Proben unmittelbar unter der deutlich erkennbaren Schwimmschicht am Betrieb Neuper zurückführen. Aufgrund des Fehlens dieser ausgeprägten Schwimmschicht wurden die Proben am Betrieb Schweiger womöglich in einer vertikal weiter aufwärts liegenden Schicht, einer nicht deutlich erkennbaren Schwimmschicht mit einem erhöhten Trockenmasseanteil, gezogen.

4.1.2 Multisamplermethode

Am Betrieb Neuper ist mittels der Multisamplermethode besonders auffallend, dass vor dem Homogenisieren die Tiefen eins und zwei deutlich niedrigere Werte an Trockenmasse aufweisen und bei Zeitpunkt drei sich Tiefe eins und zwei signifikant unterscheiden. Am Betrieb Schweiger wurden signifikante Unterschiede nur vor dem Homogenisieren festgestellt. Die weiteren Tiefen verhielten sich am Betrieb Schweiger ohne wesentlichen Unterschied.

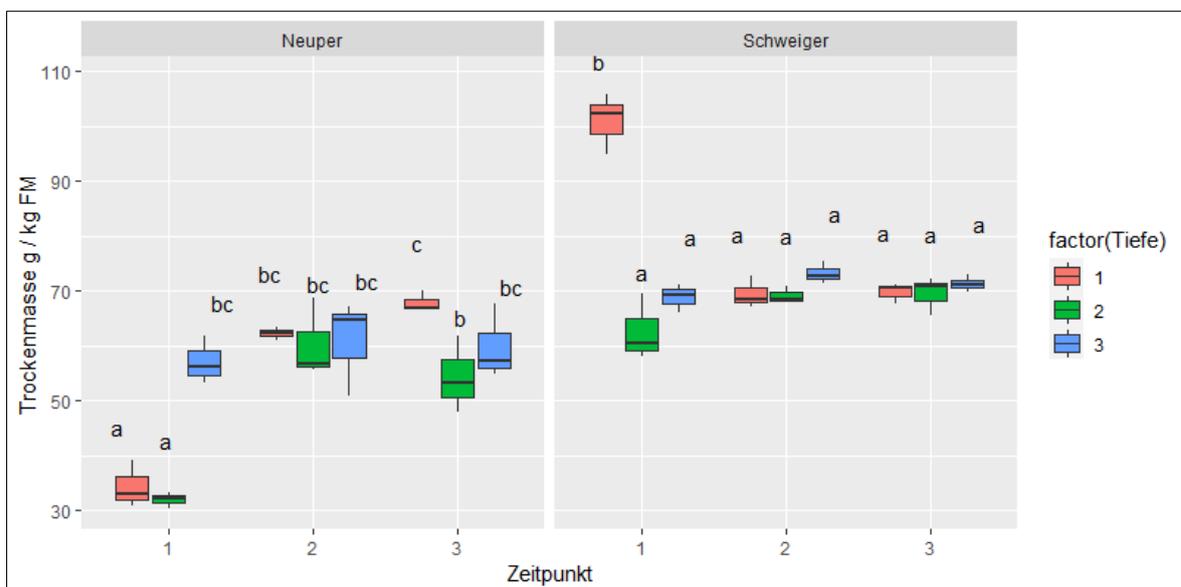


Abbildung 9: Trockenmassegehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Dieser deutliche Unterschied kommt vermutlich wieder dadurch zustande, dass sich unter der Schwimmschicht auf dem Betrieb Neuper, welche nicht beprobt wurde, sehr wenig feste Güllebestandteile befinden. Die Feststoffe setzen sich demnach in der Schwimmschicht und in tieferen Lagen der Güllegrube ab. Es kann angenommen werden, dass sich nach dem Mixen die Trockenmassebestandteile mit zunehmender Zeit wieder unregelmäßig in den Güllegruben verteilen; dabei spielt auch die Grubenform einen Einfluss.

4.2 pH-Wert

4.2.1 Schöpfkellenmethode

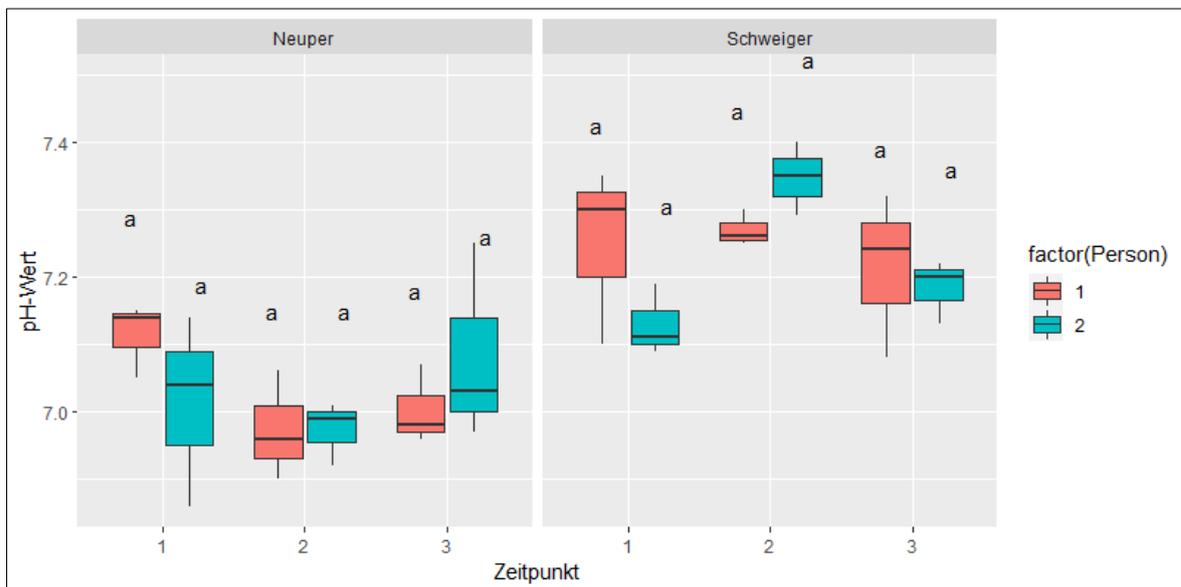


Abbildung 10: pH-Wert ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Sowohl am Betrieb Neuper als auch am Betrieb Schweiger konnten weder zwischen Personen noch zwischen Zeitpunkten signifikante Unterschiede nachgewiesen werden. Einzelne Tendenzen konnten aufgrund der teils hohen Streuung statistisch nicht abgesichert werden.

4.2.2 Multisamplermethode

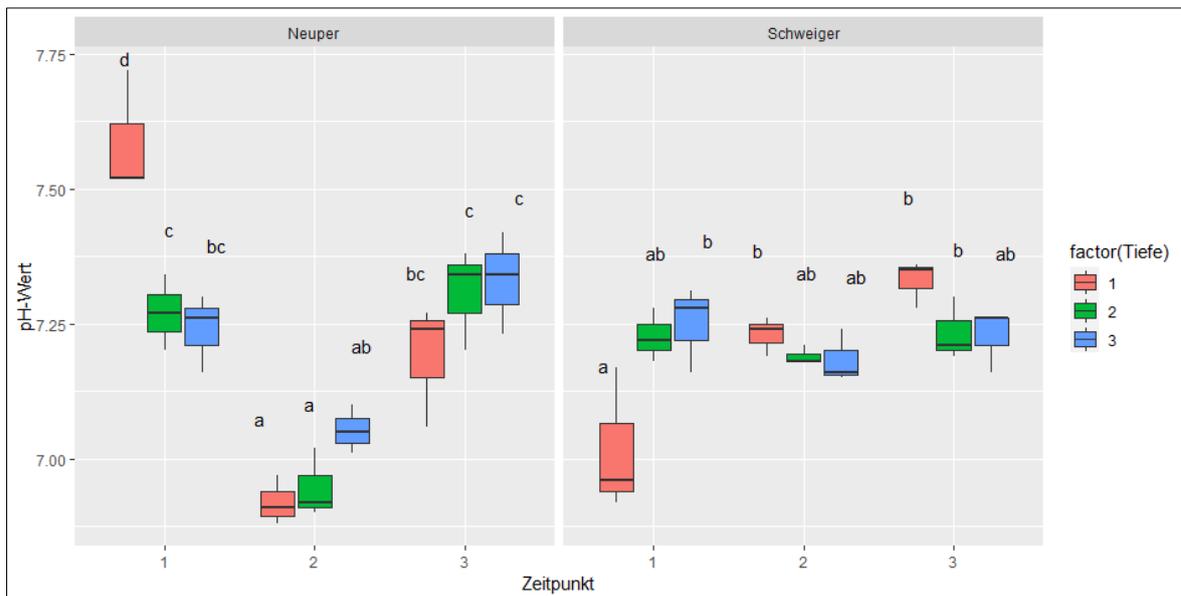


Abbildung 11: pH-Wert ermittelt mit der Multisamplermethode in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Im Gegensatz zur Schöpfkellenmethode konnten mit der Multisamplermethode einige signifikant unterschiedliche pH-Werte festgestellt werden. Am Betrieb Neuper ist der pH-Wert zum Zeitpunkt eins in der obersten Schicht signifikant höher als bei allen anderen Messungen. Das kann daraus resultieren, dass die Schwimmschicht im Bereich der Einstichstellen entfernt wurde, somit mehr Harn in der Gülleprobe vorhanden war und folglich ein höherer pH-Wert die Folge war. Am Betrieb Schweiger wurden basierend auf den Erhalt der leichten Schwimmschicht mehr Feststoffe und somit ein niedrigerer pH-Wert festgestellt. Zum Zeitpunkt zwei wurde die Gülle ausreichend homogenisiert, somit wurde ein gleichbleibender Wert festgestellt. Zum Zeitpunkt drei hingegen begannen ähnlich wie zum Zeitpunkt eins sich die Feststoffe nach oben und unten abzusetzen und folglich wurde wieder ein höherer Wert festgestellt.

Allgemein kann man durch den etwas niedrigeren pH-Wert, welcher sich durch die ganze Messperiode zieht, davon ausgehen, dass am Betrieb Neuper mehr Wasser durch die offene Lagerung in die Grube eintreten kann. Je mehr Wasseranteil in der Gülle, desto geringer ist der pH-Wert (vgl. Van der Stelt et al., 2005, 138)

4.3 Inhaltsstoffe in der Trockenmasse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse der wichtigsten Gülleinhaltsstoffe dargestellt. Nachstehend werden sämtliche Werte und Grafiken auf Basis 100 % Trockenmasse angegeben, damit die Zeitpunkte, Methoden und Personen vergleichbar sind und die Werte unabhängig vom jeweiligen Wasseranteil (Trockenmassegehalt) betrachtet werden können.

4.3.1 Phosphorgehalt

4.3.1.1 Schöpfkellenmethode

Am Betrieb Neuper wurde nur zum Zeitpunkt eins ein signifikanter Unterschied zwischen den Personen festgestellt. Der Betrieb Schweiger ist generell homogener in Bezug auf den Phosphorgehalt, was sich vermutlich auf die sehr ausgeprägte Schwimmschicht des Betriebes Neuper zurückführen lässt. Generell kann am Betrieb Neuper eine höhere Phosphorkonzentration je kg Trockenmasse beobachtet werden.

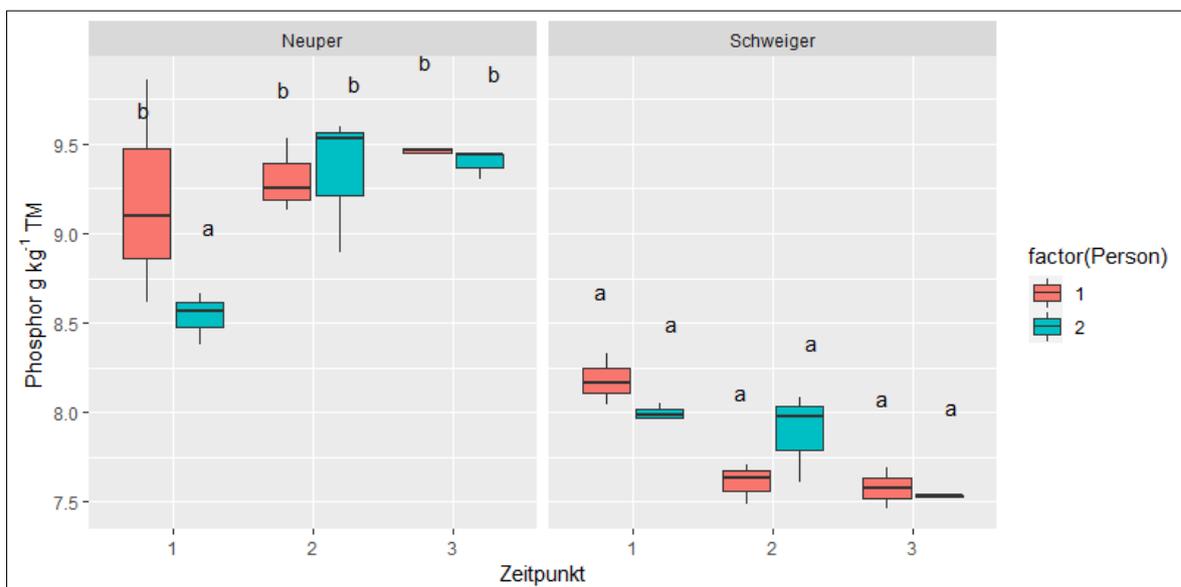


Abbildung 12: Phosphorgehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

4.3.1.2 Multisamplermethode

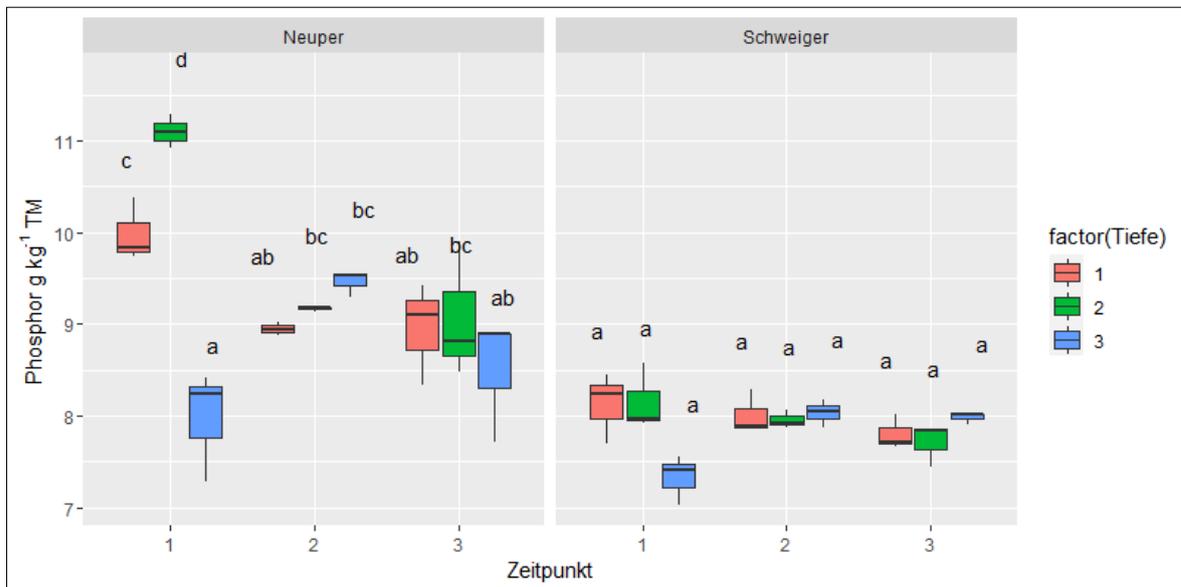


Abbildung 13: Phosphorgehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Um eine repräsentative Probe zu ziehen, eignet sich der Zeitpunkt eins am Betrieb Neuper nicht, da die Werte sich in allen drei Tiefen signifikant unterscheiden. Aussagekräftiger sind hingegen die Werte während und nach dem Mixen, wo sich die Ergebnisse annähernd gleich verhalten. Am Betrieb Schweiger hingegen sind alle drei Zeitpunkte sowie die jeweiligen Messtiefen annähernd gleich. Es lässt sich daraus schließen, dass ein signifikanter Grubeneffekt hinsichtlich der vertikalen Verteilung des Phosphors in Abhängigkeit des Homogenisierungsvorgangs vorliegt.

Beide Methoden zeigen ohne vorherige Homogenisierung deutlich unterschiedliche Ergebnisse. Auch LUFA-NRW (2016) und Springer (2017) weisen auf die Notwendigkeit einer entsprechenden Homogenisierung hin.

4.3.2 Kaliumgehalt

4.3.2.1 Schöpfkellenmethode

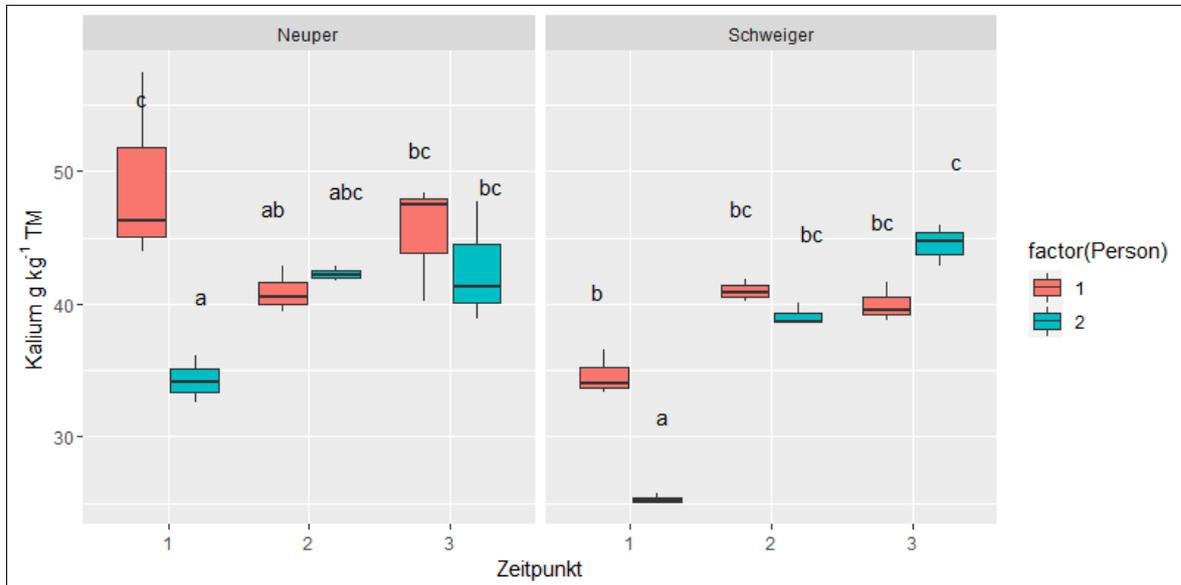


Abbildung 14: Kaliumgehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

An beiden Betrieben ist der Unterschied der Werte zum ersten Zeitpunkt signifikant unterschiedlich, die zweite Person hat dabei jeweils niedrigere Werte ermittelt. Zum Zeitpunkt zwei und drei weisen die Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede auf, jedoch lässt sich am Betrieb Neuper eine deutlichere Streuung der einzelnen Messungen zum Zeitpunkt drei erkennen.

4.3.2.2 Multisamplermethode

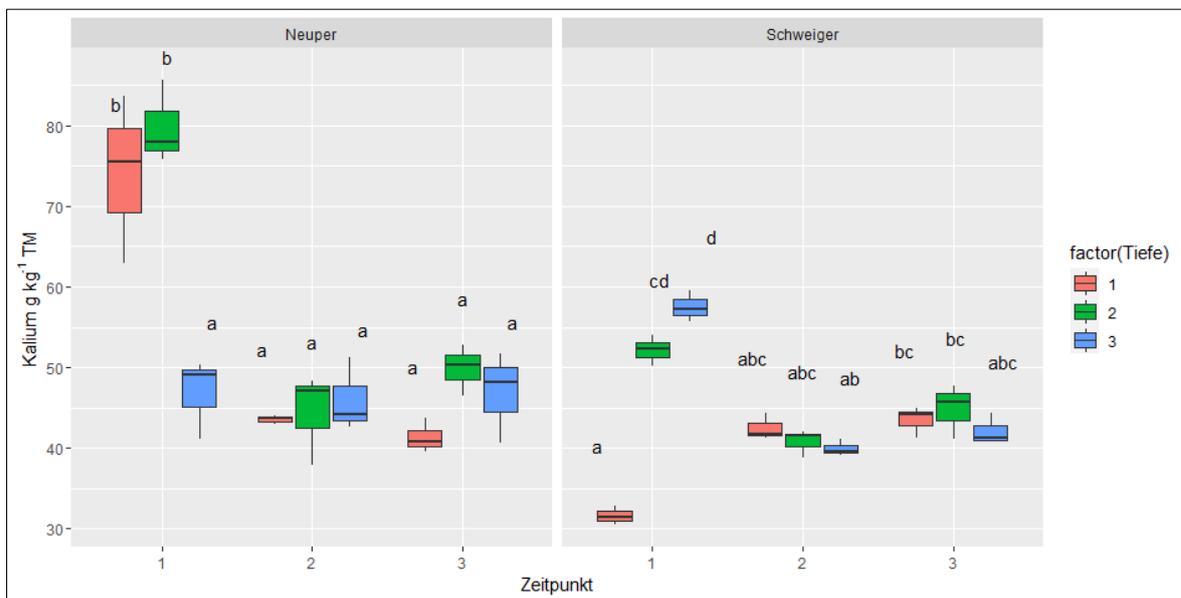


Abbildung 15: Kaliumgehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Am Betrieb Neuper konnte festgestellt werden, dass die Tiefen eins und zwei zum Zeitpunkt eins signifikant von den restlichen abweichen. Dies lässt sich daraus ableiten, dass wir die Schwimmschicht an den von uns willkürlich gewählten Probepunkten geöffnet haben und dadurch die Proben mehr Harnanteil und weniger Feststoffe beinhalteten und der Kaliumgehalt in den flüssigen Wirtschaftsdüngern dadurch höher ist. Das geht auch mit den niedrigen Trockenmassegehaltswerten in diesen Proben einher. Am Betrieb Schweiger hingegen wurden zum Zeitpunkt eins deutlich mehr Feststoffe entnommen, und darum weist Tiefe eins zum Zeitpunkt eins einen deutlich geringeren Wert auf.

Die beiden Betriebe stellen im Vergleich bis auf die jeweiligen Zeitpunkte eins kaum Unterschiede dar. Auch hinsichtlich der Kaliumanalysen weisen die Ergebnisse deshalb auf die zwingende Notwendigkeit einer ausreichenden Homogenisierung hin.

4.3.3 Schwefelgehalt

4.3.3.1 Schöpfkellenmethode

Am Betrieb Neuper entstanden wiederum zum Zeitpunkt eins und den beiden Personen signifikante Unterschiede, am Betrieb Schweiger lässt sich eine signifikante Steigerung des Schwefelanteils in der Gülle von Zeitpunkt eins bis zum Zeitpunkt drei feststellen. Zeitpunkt zwei zeigt an beiden Betrieben eine geringe Streuung und keine Unterschiede.

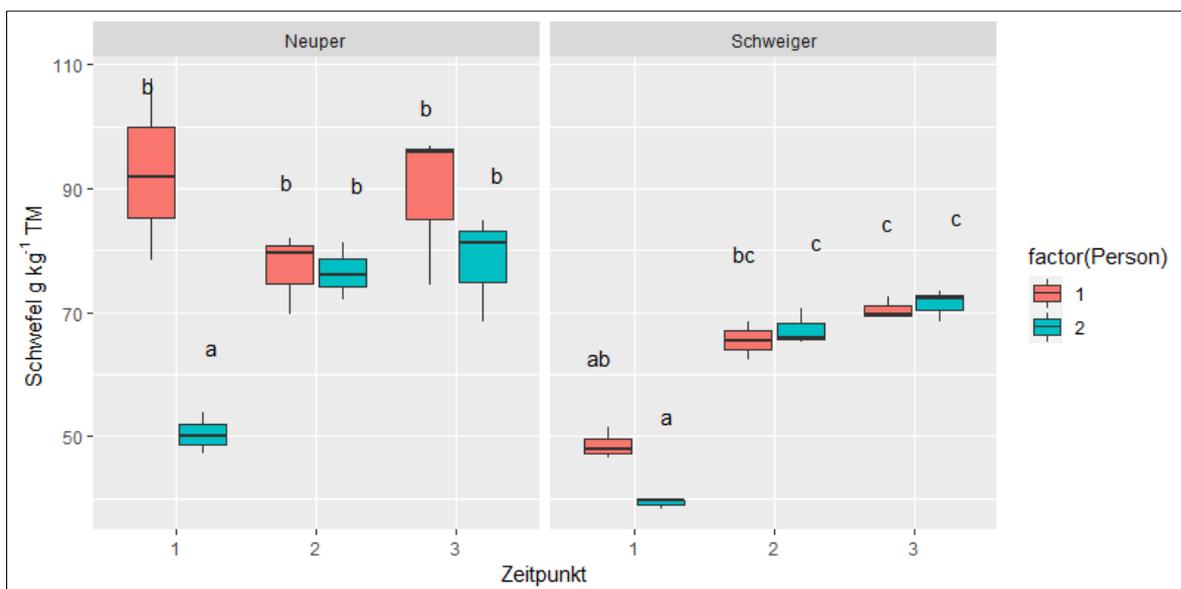


Abbildung 16: Schwefelgehalt ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

4.3.3.2 Multisamplermethode

Am Betrieb Neuper ist augenscheinlich, dass sich erneut der Zeitpunkt eins hinsichtlich Tiefe eins und zwei in einem Bereich von $160 - 190 \text{ g kg}^{-1}$ TM befindet und somit signifikant erhöht zu allen anderen Werten ist, die sich unter 100 g kg^{-1} TM befinden. Am Betrieb Schweiger ist mit unter 50 g kg^{-1} TM der erste Wert signifikant niedriger als die restlichen Werte. An beiden Betrieben sind die Ausreißer nur zum Zeitpunkt eins besonders auffallend.

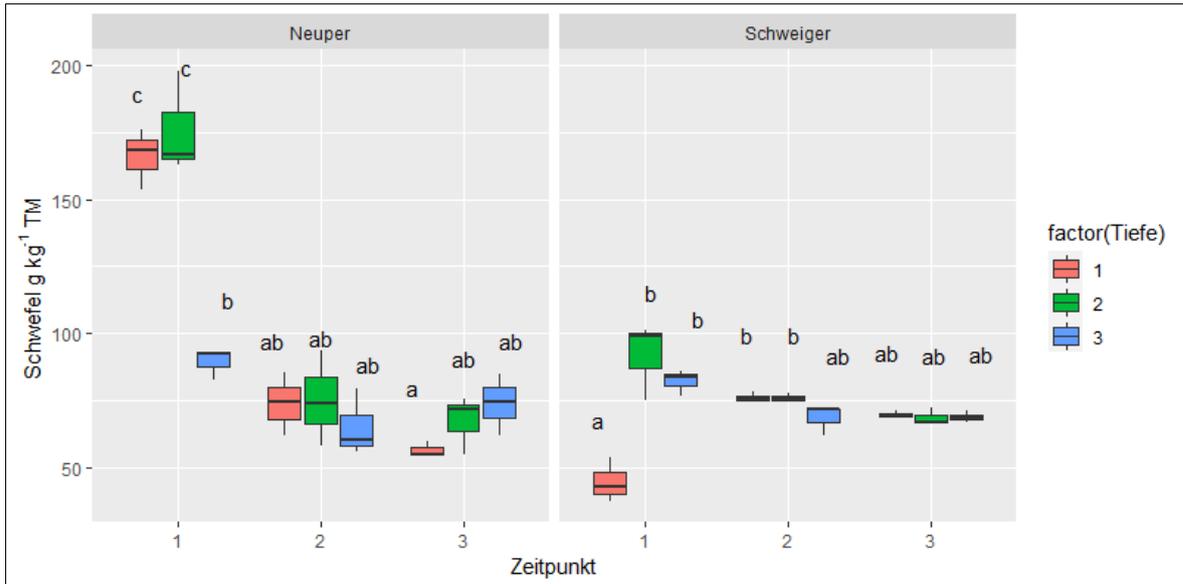


Abbildung 17: Schwefelgehalt ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg⁻¹ TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

4.3.4 Gesamtstickstoff

4.3.4.1 Schöpfkellenmethode

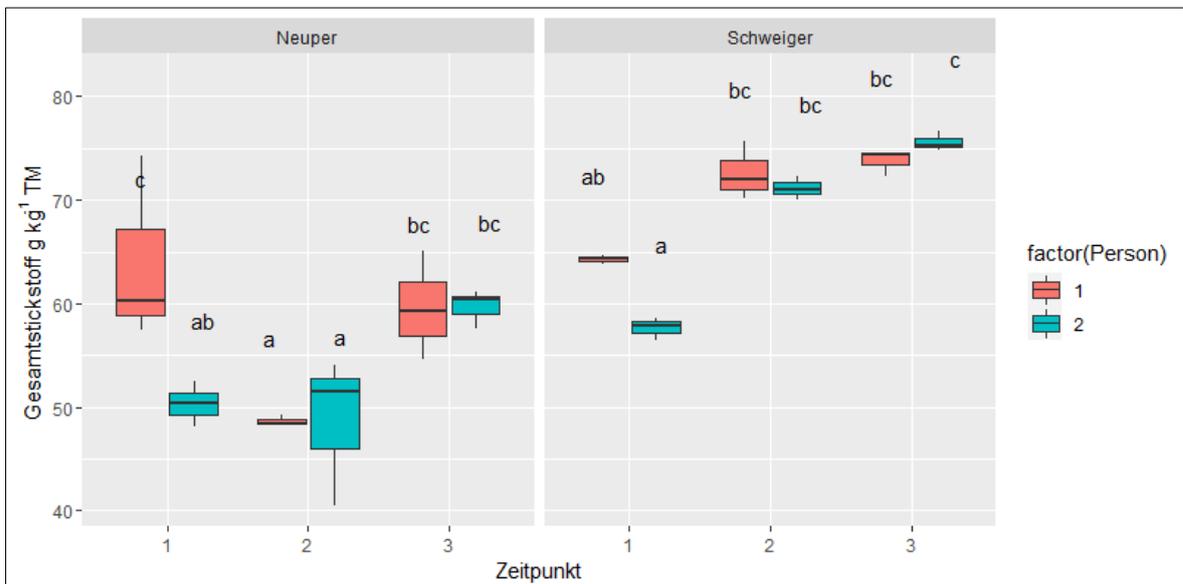


Abbildung 18: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg⁻¹ TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Am Betrieb Neuper zeigen sich hinsichtlich des Gesamtstickstoffes im Vergleich zum Betrieb Schweiger einheitlich niedrigere Werte. Der Gesamtstickstoffgehalt wird dabei von vielen Faktoren wie der Intensität der Fütterung, der Lagerung und auch von den Tierkategorien, von denen die Gülle stammt, beeinflusst (vgl. BMLRT, 2022). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Personen können nur zum ersten Zeitpunkt am Betrieb Neuper beobachtet werden.

4.3.4.2 Multisamplermethode

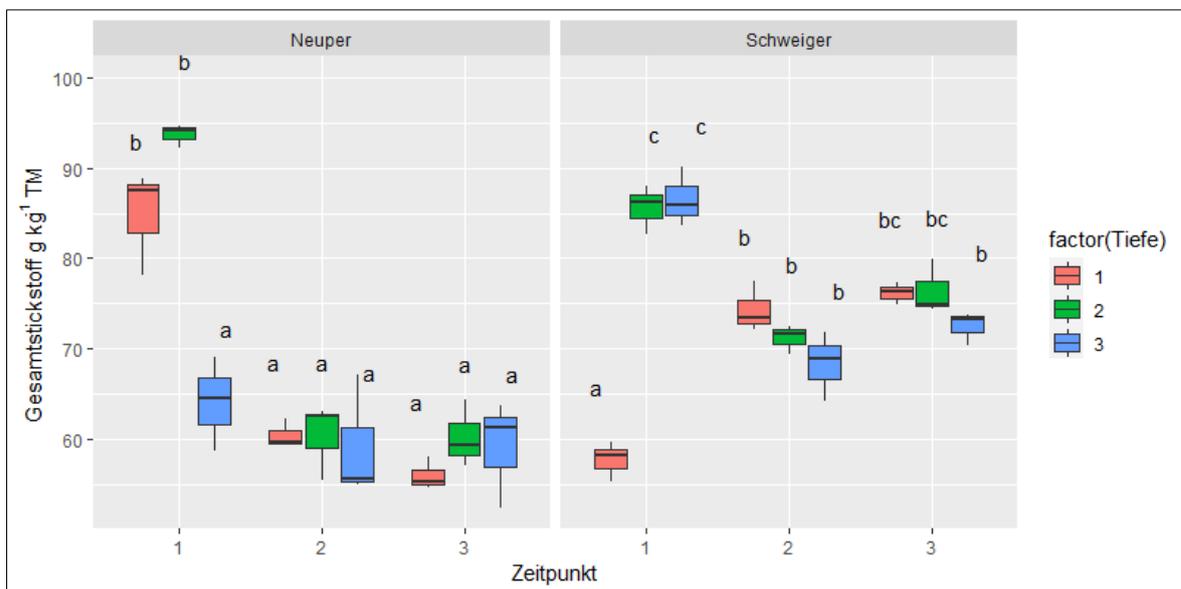


Abbildung 19: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Sowohl am Betrieb Schweiger als auch am Betrieb Neuper wird hinsichtlich des Gesamtstickstoffes deutlich erkennbar, dass die Tiefen eins und zwei zum Zeitpunkt eins sich signifikant von den weiteren Werten unterscheiden. Die Zeitpunkte zwei und drei zeigen über alle Tiefen hinweg weitgehend konstante Werte mit einem Trend hin zu leicht abnehmenden Stickstoffgehalten mit zunehmender Beprobungstiefe. Generell kann auch mit der Multisamplermethode über alle Schichtungen hinweg ein höherer Gesamtstickstoffgehalt am Betrieb Schweiger gefunden werden.

4.3.5 Stickstoffanalyse nach Dumas

Die Verbrennungsmethode nach Dumas eignet sich zur Analyse des Stickstoffgehalts von meist organischem Probenmaterial. Aufgrund der hohen Temperaturen während der Analyse kommt es zu gasförmiger Freisetzung des Ammoniumstickstoffs, weswegen die hier dargestellten Ergebnisse als organisch gebundener Stickstoff verstanden werden können.

4.3.5.1 Schöpfkellenmethode

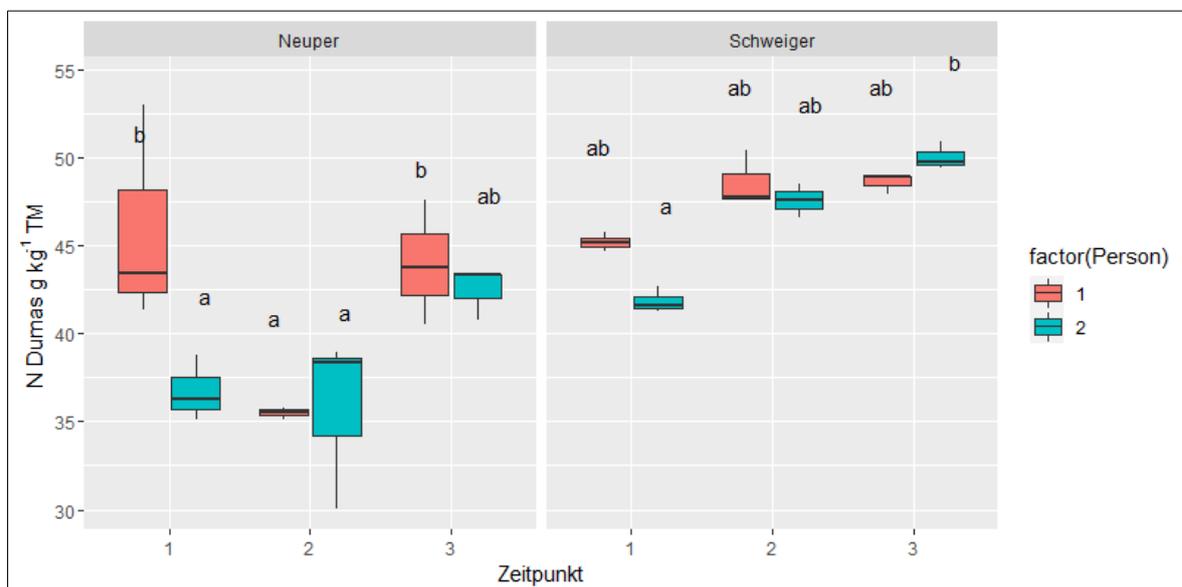


Abbildung 20: Stickstoff nach Dumas ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Bei der Schöpfkellenmethode ist am Betrieb Neuper augenscheinlich, dass zum ersten Zeitpunkt die erste Person einen signifikant höheren Wert als die zweite Person aufweist. Ebenso unterscheidet sich die Person eins zu den Zeitpunkten eins und drei signifikant von den Messungen zum Zeitpunkt zwei.

Ein signifikanter Unterschied am Betrieb Schweiger besteht nur zwischen dem Wert der zweiten Person zum ersten Zeitpunkt zu dem Wert der gleichen Person zum dritten Zeitpunkt. Zu den anderen Zeitpunkten besteht kein signifikant feststellbarer Unterschied.

Das Ergebnis spiegelt sich auch in der größeren Streuung der einzelnen Werte am Betrieb Neuper wider.

4.3.5.2 Multisamplermethode

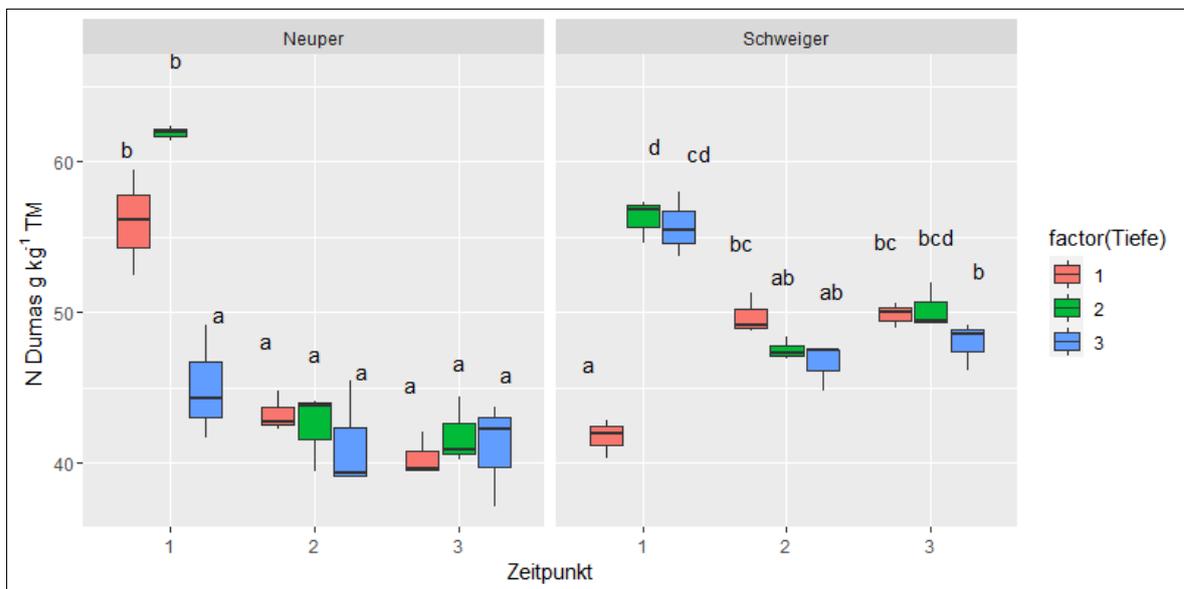


Abbildung 21: Stickstoff nach Dumas ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Am Betrieb Neuper lässt sich ein signifikanter Unterschied zum Zeitpunkt eins in den Tiefen eins und zwei zu allen anderen Tiefen und Zeitpunkten feststellen. Am Betrieb Schweiger lässt sich ein augenscheinlicher Unterschied zum Zeitpunkt eins in Tiefe eins zu Tiefe zwei und drei erkennen. Die anderen Werte weisen innerhalb desselben Zeitpunktes keine signifikanten Unterschiede auf. Im Vergleich der beiden Betriebe weist der Betrieb Schweiger ausgenommen zum Zeitpunkt eins in der Tiefe eins insgesamt etwas höhere Werte auf.

4.3.6 Ammoniumstickstoff

4.3.6.1 Schöpfkellenmethode

Am Betrieb Neuper lassen sich hinsichtlich des Ammoniumstickstoffgehalts nur zum Zeitpunkt eins und der Person eins, signifikante Unterschiede innerhalb eines Zeitpunktes erkennen. Ebenso kann ein Unterscheid zwischen den Zeitpunkten eins und drei beobachtet werden. Am Betrieb Schweiger lassen sich zum Zeitpunkt eins bei beiden Personen Unterschiede zu den anderen Zeitpunkten erkennen. Wiederum weist zum Zeitpunkt zwei und drei der Betrieb Schweiger allgemein höhere Werte im Bereich zwischen ca. 23 und 27 g kg⁻¹ TM im Vergleich zum Betrieb Neuper auf, welche sich ca. zwischen 10 und 17 g kg⁻¹ TM befinden.

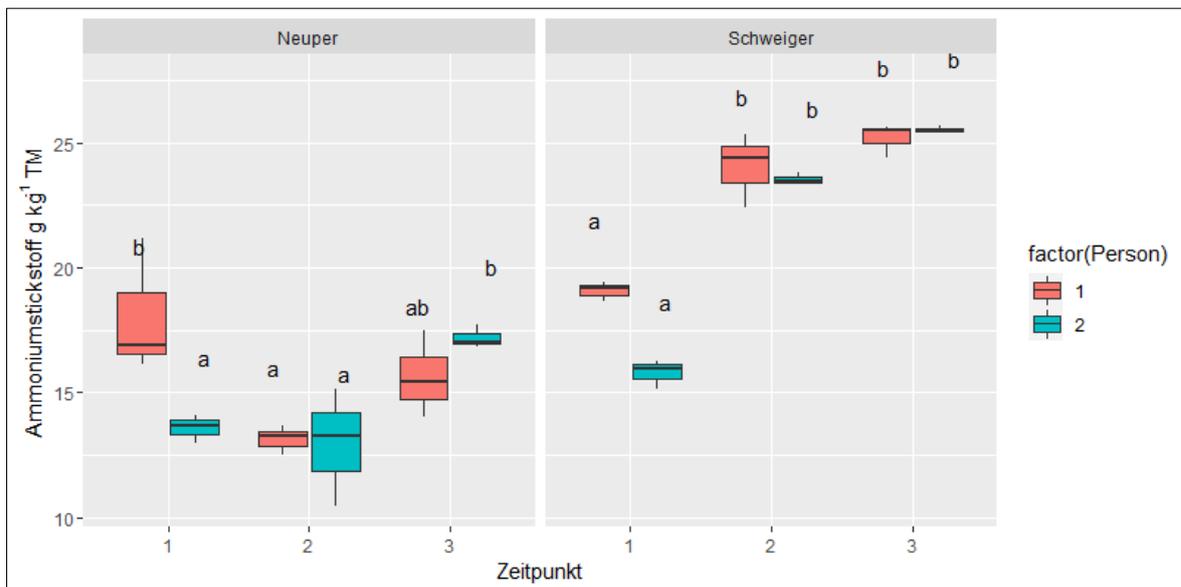


Abbildung 22: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg⁻¹ TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

4.3.7 Ammoniumstickstoff

4.3.7.1 Multisamplermethode

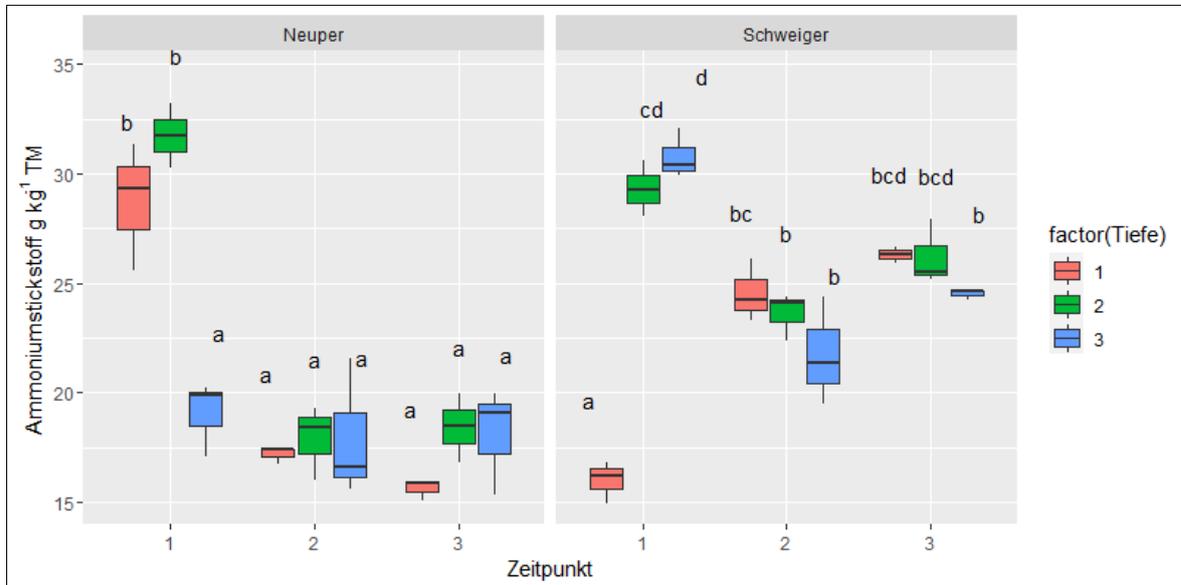


Abbildung 23: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} TM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Der Betrieb Neuper weist zum Zeitpunkt eins in den Tiefen eins und zwei signifikant höhere Ammoniumstickstoffwerte auf als bei den restlichen Tiefen und Zeitpunkten, welche alle annähernd ident sind, jedoch mit größerer Streuung in zunehmender Tiefe einhergehen. Vergleichsweise ist am Betrieb Schweiger innerhalb des ersten Zeitpunktes ein Unterschied zwischen den Tiefen erkennbar. Die Ergebnisse zum Zeitpunkt zwei und drei weisen keine signifikanten Unterschiede auf, jedoch neigen sie zu der Tendenz, dass die Tiefe eins immer höhere Werte aufweist.

4.4 Inhaltsstoffe in der Frischmasse

Da bis jetzt alle Werte in Trockenmasse angegeben waren, werden die Stickstoffwerte jetzt auch in ihrer Konzentration in der Frischmasse angegeben. Diese Werte sind praxisrelevant und bilden dem Landwirt und der Landwirtin eine Grundlage für die Mengenbemessung bei der Gülleausbringung.

4.4.1 Gesamtstickstoff

4.4.1.1 Schöpfkellenmethode

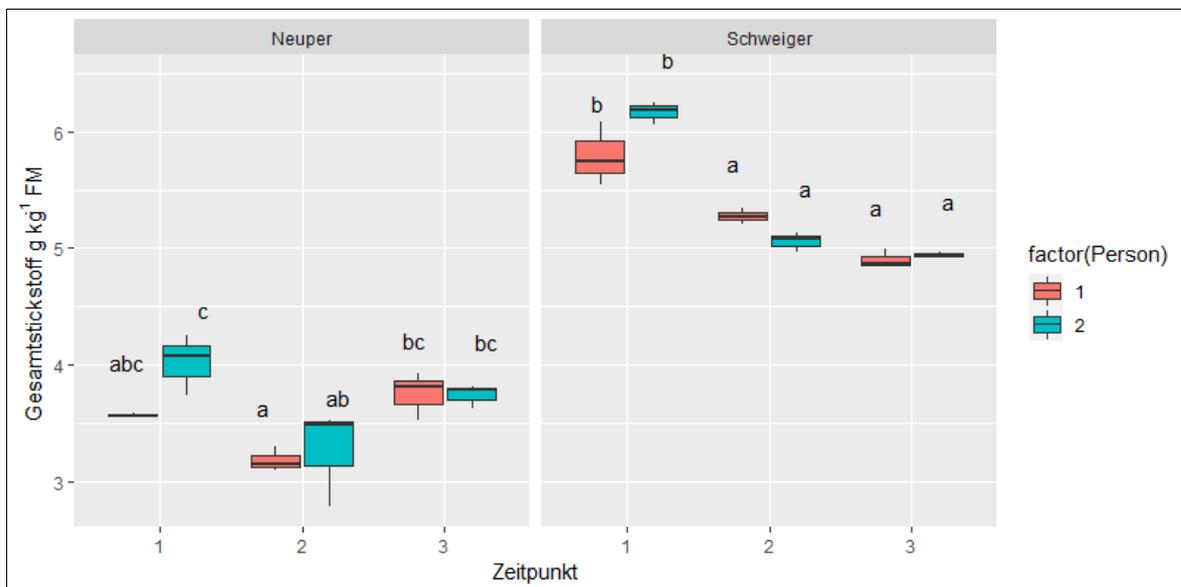


Abbildung 24: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Auffallend ist, dass der zeitliche Verlauf an den beiden Betrieben nicht gleich ist, während am Betrieb Neuper die Zeitpunkte eins und drei sehr ähnlich sind, nimmt der Gesamtstickstoffgehalt am Betrieb Schweiger mit zunehmender Dauer ab. Am Betrieb Schweiger fallen diese Unterschiede auch signifikant aus. Deutlich erkennbar sind die eindeutig höheren Werte am Betrieb Schweiger, welche mit über $4,8 \text{ g kg}^{-1}$ FM generell als hoch zu bewerten sind.

4.4.1.2 Multisamplermethode

Betrachtet man die Ergebnisse der zwei Betriebe können deutlich höhere Gesamtstickstoffwerte auf dem Betrieb Schweiger festgestellt werden. Am besten eignet sich zum Bestimmen der Werte der Zeitpunkt zwei, da dort an beiden Betrieben annähernd gleiche Werte zwischen den einzelnen Tiefen erreicht wurden.

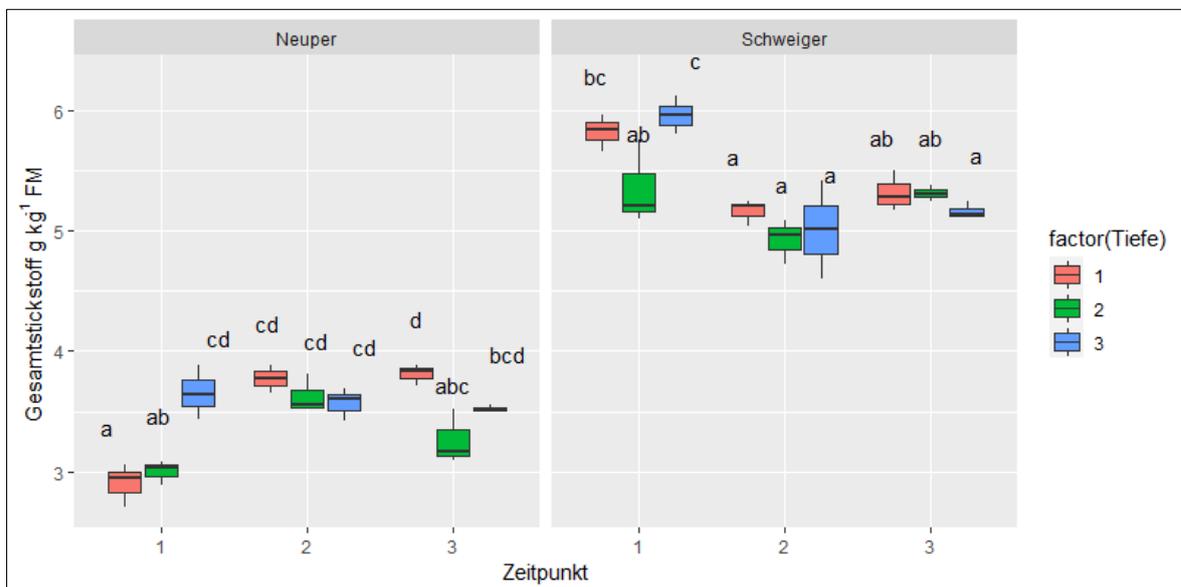


Abbildung 25: Gesamtstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

4.4.2 Stickstoff nach Dumas

4.4.2.1 Schöpfkellenmethode

Am Betrieb Neuper können zwischen den beiden Personen nur zum Zeitpunkt eins, signifikante Unterschiede festgestellt werden. Am Betrieb Schweiger lässt sich auf den anfangs höheren Feststoffanteil ein höherer Stickstoffgehalt rückschließen. Der Betrieb Schweiger weist wiederum höhere Messwerte als der Betrieb Neuper über den gesamten Messvorgang auf. Einen klaren Unterschied zwischen den Zeitpunkten kann man am Betrieb Schweiger beobachten.

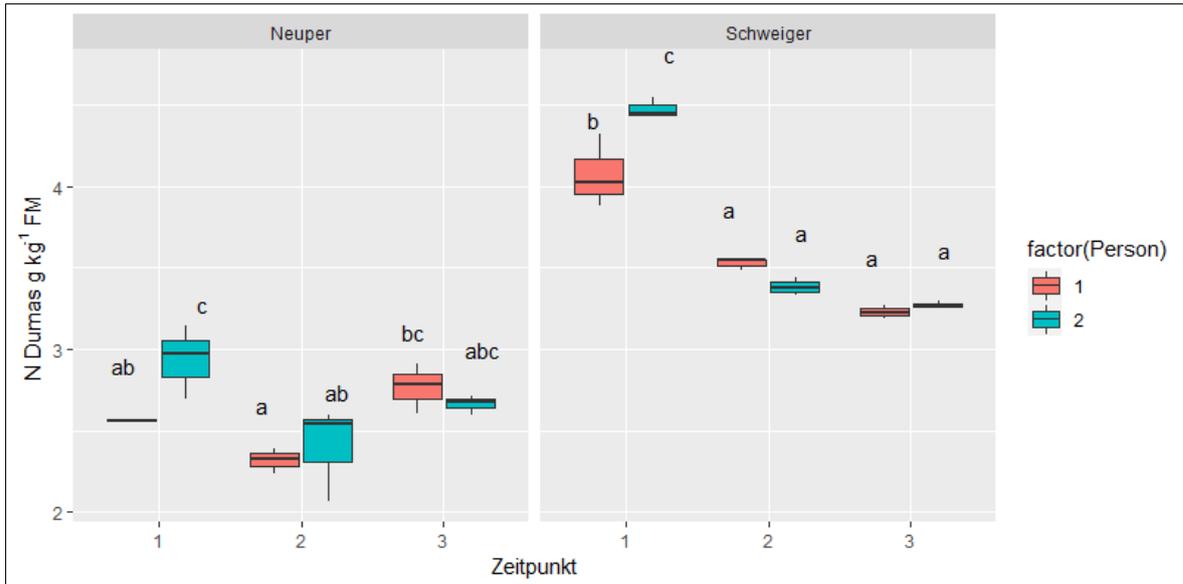


Abbildung 26: Stickstoff nach Dumas ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg⁻¹ FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

4.4.2.2 Multisamplermethode

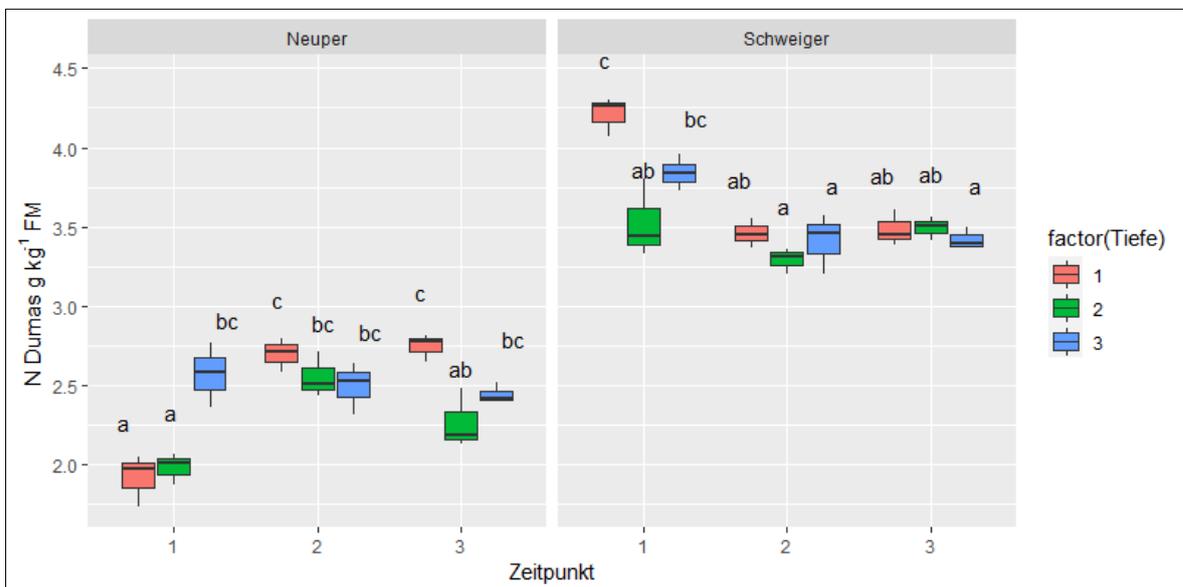


Abbildung 27: Stickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg⁻¹ FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Am Betrieb Neuper zeigen die Tiefen eins und zwei zum ersten Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied zu den übrigen Messungen, ähnlich verhält sich die erste Tiefe des Betriebes Schweiger zum Zeitpunkt eins. Zum Zeitpunkt eins kann an beiden Betrieben wiederum die größte Streuung festgestellt werden.

4.4.3 Ammoniumstickstoff

4.4.3.1 Schöpfkellenmethode

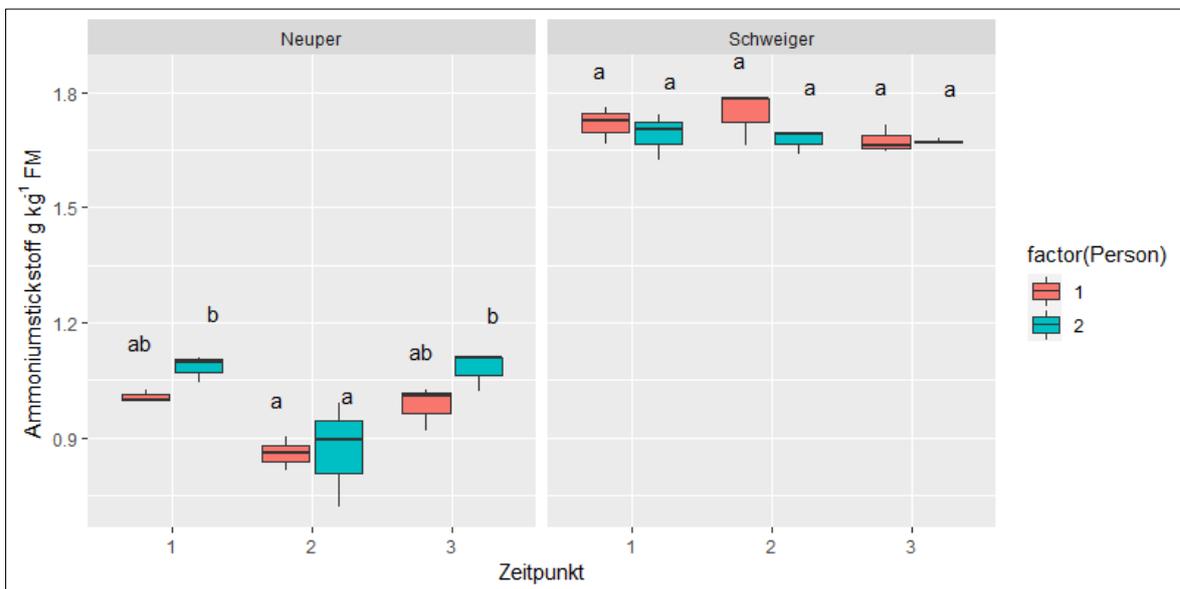


Abbildung 28: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Schöpfkellenmethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube

Am Betrieb Schweiger sind alle Werte annähernd gleich. Am Betrieb Neuper sind jedoch Unterschiede zwischen den Zeitpunkten erkennbar aber nicht innerhalb der Zeitpunkte, obwohl es eine Tendenz hin zu höheren Werten von Proben, welche durch die Person zwei gezogenen wurden, gibt. Generell ist wiederum ersichtlich, dass sich die Werte am Betrieb Schweiger auf einem eindeutig höheren Werteniveau befinden.

4.4.3.2 Multisamplermethode

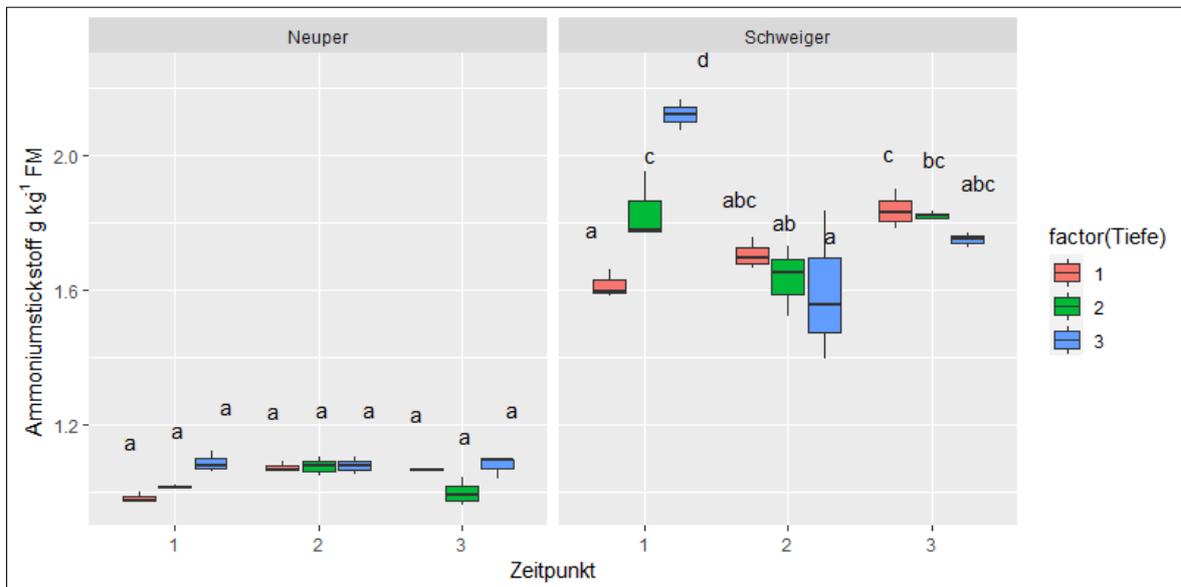


Abbildung 29: Ammoniumstickstoff ermittelt mit der Multisamplermethode in g kg^{-1} FM in den unterschiedlichen Tiefen, Gruben und Zeitpunkten. Signifikanzniveau: $p \leq 0,05$; unterschiedliche Indices zeigen signifikante Differenzen zwischen den Tiefen und den Zeitpunkten innerhalb einer Grube.

Im Unterschied zur Schöpfkellenmethode, wo der Betrieb Schweiger annähernd gleiche Werte aufweist, ist interessant, dass bei der Multisamplermethode hingegen der Betrieb Neuper annähernd gleiche Werte aufweist. Am Betrieb Schweiger sind sowohl zwischen den Zeitpunkten als auch zwischen den Tiefen zum Zeitpunkt eins, signifikante Unterschiede zu erkennen.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

In der vorgelegten Arbeit wurden zwei unterschiedliche Methoden zur Probengewinnung von Rindergüllen für eine nachfolgende Analyse untersucht. Dabei wurden die Effekte der Faktoren Betrieb bzw. Güllelager, Methode, Person und Beprobungszeitpunkt untersucht. Die umfassenden Analysen zeigen, dass sämtliche Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Probenziehung ausüben und dass auch Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren auftreten.

Im Allgemeinen kann festgestellt werden, dass Gülleproben ohne vorherige ausreichende Homogenisierung nicht für weitere Analysen geeignet sind. Ohne Homogenisierung sind die Werte sowohl innerhalb des Zeitpunktes als auch im Vergleich zu den anderen Zeitpunkten zu heterogen.

Eine halbe Stunde nach dem vollständigen Verschwinden der Schwimmschicht, bei noch eingeschaltetem Rührwerk, können die repräsentativsten Proben mit der geringsten Streuung gezogen werden. Bei keinem der untersuchten Parameter konnte zu diesem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Personen und den Tiefen festgestellt werden. Dennoch muss auch bei diesem Zeitpunkt auf teilweise größere Schwankungen hingewiesen werden. Der Zeitpunkt drei, also vier Stunden nach Beendigung des Rührvorgangs, ist deutlich besser zur Bestimmung der einzelnen Bestandteile geeignet als der erste Zeitpunkt. Wobei die Werte auch zu diesem Zeitpunkt teilweise deutlich schwanken. So wurden in der Frischmasse signifikant unterschiedliche Werte in den verschiedenen Tiefen bei den Gesamtstickstoffwerten und auch bei den Stickstoffwerten nach Dumas festgestellt. Vergleicht man die beiden Methoden, Schöpfkelle und Multisampler, kann der Entschluss gefasst werden, dass die Multisamplermethode aufgrund der Möglichkeit der Erfassung der vertikalen Verteilung der untersuchten Parameter die aussagekräftigere, jedoch auch deutlich aufwändigere Methode darstellt. Die Schöpfkellenmethode ist hinsichtlich der Arbeitswirtschaftlichkeit um ein Vielfaches einfacher, schneller und auch billiger. Jedoch sind

die daraus gewonnenen Ergebnisse ungenauer. Auffallend ist bei dieser Methode auch, dass es zu bestimmten Zeitpunkten einen signifikanten Personeneinfluss gegeben hat.

Dadurch können wir darauf schließen, dass eine Probenziehung mit den Methoden, die wir angewendet haben, nur während oder unmittelbar nach dem Aufrühren der Gülle zuverlässige Ergebnisse liefert. In der Praxis ist das vor allem für den Vorgang des Homogenisierens von großer Bedeutung. Um zu gewährleisten, dass Gülle über einen Zeitraum von mehreren Stunden mit einer annähernd konstanten Inhaltsstoffkonzentration ausgebracht wird, ist ein einmaliges Homogenisieren zu Beginn der Ausbringung unzureichend. Die Entmischung der einzelnen Nährstoffe findet mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten statt. Während z. B. die Inhaltsstoffe Phosphor und Kalium noch keine Entmischungerscheinungen nach vier Stunden zeigen, konnten z.B. beim Trockenmassegehalt und beim Gesamtstickstoffgehalt in der Frischmasse bereits signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt drei festgestellt werden. Die Entmischung zum Zeitpunkt drei war auch zwischen den Betrieben nicht gleich, das bedeutet, dass es hier vermutlich einen Einfluss der Gülle selbst (Trockenmassegehalt) und auch der baulichen Ausführung der Güllegrube gibt.

Als Fazit des Versuches kann festgehalten werden, dass die Ergebnisse eine große Streuung aufweisen. Eine durchwegs repräsentative Probe kann nur während des Mixvorganges erzielt werden. Gülleanalysen können demnach bei richtiger Probenziehung eine zusätzliche Informationsquelle für landwirtschaftliche Betriebe darstellen, eignen sich aber aufgrund der schwierigen Standardisierbarkeit und der Vielzahl an möglichen Einflussfaktoren nicht, um die Einhaltung rechtlicher Vorgaben zu überprüfen. Hier werden auch künftig Tabellenwerte überprüfte und robuste Informationen liefern.

Um eine robuste Prozedur zur Ziehung von flüssigen Wirtschaftsdüngern formulieren zu können, besteht ein weiterer Forschungsbedarf. Vor allem mehrere Betriebe und unterschiedliche Grubensysteme müssten in einem umfassenden Versuch systematisch erhoben und miteinander verglichen werden.

6 Literaturverzeichnis

BMLRT (2022): Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien, 184 S.

BML (2022): Grüner Bericht 2022 - Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Wien, 288 S.

Eijkelkamp (2008): Multisampler, Februar 2008, 7 S. URL <https://www.royaleijkelkamp.com/>

91/676/EWG (1991): Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlicher Quelle, Brüssel, 13 S.

LUFA-NRW (2016): Probenahme Wirtschaftsdünger, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster, 1 S.

NAPV (2022): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, Wien, 43 S.

RCoreTeam (2021): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <https://www.R-project.org/>.

Springer, J. (2017): Was ist im Dünger wirklich drin? Die Landwirtschaft Februar 2017, 38.

Pötsch, E. M., Humer, J., Galler, J., (1997): Was gilt es bei der Düngung von Grünland zu beachten? ÖAG-INFO 3/1997, Irdning, 12 S.

Van der Stelt, B., Temminghoff, E. J. M., Van Riemsdijk, W. H., (2005): Measurement of ion speciation in animal slurries using the Donnan Membrane Technique. *Analytica Chimica Acta* 552, 135-140.

