

Pflanzenwachstum bei Sojabohnen mit Schweinegülleapplikation zur Erforschung und Entwicklung der Flüssigen Organischen Präzisionsdüngung (FOPD)

Ziel:

Betrachtung von Wurzelveränderungen bzw. Wachstumsdepressionen durch toxische Rohgülle versus biologisch aerob aufbereiteter PRG-Rottegülle. Abbau von biologischen Hemmstoffen (Toxinen) durch biologische Gülleaufbereitung bei Schweinegülle zur Erforschung und Entwicklung der *Flüssigen Organischen Präzisionsdüngung* für optimierte Betriebskreisläufe.

Vorbereitung Pflanzschalentest:

Für die Einsaat wird natürlicher Ackerboden aus den oberen 15 Zentimetern der Ackerkrume verwendet. Eine gleichmäßige homogene Aufbereitung erfolgt durch Aussieben der Grobteilchen mittels eines Siebes. Die Keimerde wird zu gleichen Teilen in Pflanzschalen gefüllt und plan gezogen. Anschließend werden Samenkörner gleichmäßig auf der Oberfläche in der Pflanzschale verteilt. Die eingelegten Samen werden mit einem Andrückholz in die Erde eingedrückt. Gleichzeitig erfolgt die Rückverdichtung der Keimerde. Im Anschluss erfolgt die Beimpfung mit den Güllen. Im nächsten Schritt werden die beimpften Oberflächen mit ca. 3 Zentimeter Erde abgedeckt und zur Rückverfestigung angedrückt. An den rückverfestigten Oberflächen wurde zusätzlich nochmals die zu testenden Güllen aufgebracht. Alle Pflanzschalen haben die gleiche Feuchtigkeitsmenge zur Verfügung. Bei den Kontrollpflanzschalen wird die gleiche Menge an zugeführter Feuchtigkeit mit Wasser zugegeben. Für den Versuchsaufbau sind 5 Pflanzschalen zur späteren Kontrolle vorbereitet. Die verwendete Güllemenge pro Pflanzschale beträgt umgerechnet 30m³/ha.

Nummerierung der Pflanzschalen mit Anwendungsparameter:

1. Kontrolle Wasser
2. Rohgülle
3. PRG-Rottegülle Penergetic g
4. PRG-Rottegülle Penergetic g

Definition Toxine

Seite | 2

Unter Toxinen versteht man biogene Substanzen die Organismen schädigen, indem sie die physiologischen Stoffwechselkreisläufe stören. Sie stellen damit eine Teilmenge der Gifte dar und können wie diese zu akuten oder chronischen Vergiftungen oder anderen Krankheitsbildern führen.

Das Bodenmikrobiom wird durch toxische Einwirkung in deren bodenschützenden Funktionen stark geschwächt, was sich in vielerlei Hinsicht negativ äußern kann.

Biologische Hemmstoffe (Toxine), produziert von anaeroben Bakterien, Pilzen und deren Symbionten, können an Wurzelbildern der Pflanzen sichtbar werden. Pflanzen bzw. Pflanzenwurzeln reagieren auf Schadbiologie mit geringerem Wurzelwachstum, weniger Feinwurzelanteil, Blankwurzel, Wurzeldeformierungen, Keimhemmung, Blattveränderungen und Folgekrankheiten in der gesamten Wachstumsphase.

Physikalische Auswertungen der verwendeten Gülle (AGROLAB Agrarzentrum GmbH)

Zur Anwendung im Versuchsaufbau wurden drei Schweine-Gülle von zwei Betrieben analysiert.

1. Rohgülle 7/3-2022... (Schweinemastgülle)

Die Rohgülle weist einen tiefen pH-Wert von 6,4 auf. Der Trockenrückstand von 7,27% ist für Schweinemastgülle im Normalbereich, ist aber für die **Flüssige Organische Präzisionsdüngung** zu hoch und benötigt für einen Umbau zu PRG-Rottegülle mehr Zeit, da das „Abspaltmedium“ Wasser (H₂O) zu gering ist. Rückschlussfolgernd ist der Wassergehalt von 92,7% zu gering. Entweichender Schwefelwasserstoff macht sich durch eine hohe Geruchsentwicklung bemerkbar. In der physikalischen Analyse wird der Schwefelverlust durch einen zu geringen Schwefelgehalt in der Gülle sichtbar. Der Natriumgehalt (Na) von 9860 mg/kg ist als zu gering einzustufen, was einen konstanten Nährstofffluss der Rohgülle zur Pflanze beeinträchtigt. Ein ansteigender Natriumgehalt, betrachtet in der Trockensubstanz-Nachweisgröße lässt zugleich alle anderen physikalisch-chemischen Parameter ansteigen, mit Ausnahme von Mangan (Mn).

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ergab einen Wert von 17,3 mS/cm. Der Salzgehalt in der Rohgülle ist zu hoch und führt dadurch zu anhaltenden Wachstumsdepressionen.

2. PRG-Rottgülle 10/3-2022... (Ferkelzuchtgülle)

Die PRG-Rottgülle ist zum Zeitpunkt der Testung 7 Monate im Rottestadium. Der pH-Wert ist bereits auf 8,6 gestiegen und somit im Idealbereich zur **Flüssigen Organischen Präzisionsdüngung**. Der geringe Trockenrückstand von 1,23 % zeigt einen guten Nährstoffumbau in der Gülle an. Rückschlossfolgernd steigt der Wassergehalt auf 98,8 %. Die bio-chemische Verflüssigung der Gülle durch den aeroben Rotteprozess bringt eine hohe Infiltrationsrate in die Bodenporen mit sich. Eine optimale Nährstoffverteilung im Erdkomplex kann gewährleistet werden. Der stark ansteigende Natriumgehalt (Na) in der Trockensubstanz-Nachweisgröße auf 25500 mg/kg ist optimal für die spätere Nährstoffversorgung der Pflanzen. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit weist einen Wert von 9,5 mS/cm auf und ist im Optimalbereich. Wachstumsdepressionen können ausgeschlossen werden.

3. PRG-Rottgülle 14/3-2022... (Ferkelzuchtgülle)

Bei dieser PRG-Rottgülle handelt es sich um die gleiche Ferkelgülle wie in Punkt 2. Der Unterschied ist die längere Rottedauer von 10 Monaten anstatt 7 Monaten. Der noch geringere Trockenrückstand von 0,65 % und höhere Wassergehalt von 99,3% zeigt einen weiteren bio-chemischen Umbauprozess. Durch die geringe Trockensubstanz verschieben sich die physikalisch-chemischen Parameter nochmals. Der stark ansteigende Natriumgehalt (Na) auf 48600 mg/kg ist beeindruckend. Die elektrische Leitfähigkeit sinkt weiter auf 8,1 mS/cm. Der pH-Wert ist unverändert bei 8,6.

Zusammenfassung und Betrachtungsweise der physikalisch-chemischen Parameter rückschlussfolgernd zur Pflanzenentwicklung

Seite | 4

Gesamtstickstoff (N), Ammoniumstickstoff (NH₄-N)

Die Gesamtstickstoffmenge in der Originalsubstanz von Rohgülle ist im Vergleich zu den gerotteten Güllen sehr hoch. Gleichzeitig ist der gemessene Gesamtstickstoff(N) der Rohgülle in der Trockensubstanz geringer. Ein besseres Pflanzen- und Wurzelwachstum ist durch den hohen Stickstoffgehalt in der Rohgülle nicht ersichtlich. PRG-Rottegülle hat einen geringen Stickstoffanteil in der Originalsubstanz. Beide PRG-Rottegülle Varianten weisen aber ein deutlich besseres Pflanzenwachstum und eine bessere Wurzelbildung auf. Der Gesamtstickstoffgehalt in der Trockensubstanz ist bei Rohgülle prozentual geringer als bei PRG-Rottegüllen. Hier findet eine Umwandlung von Ammoniak zu Ammonium statt.

Phosphor (P₂O)

Der Phosphorgehalt der Rohgülle in der Originalsubstanzmessung ist um ein Vielfaches höher als in den PRG-Rottegüllen. Zusätzlich ist bei Rohgülle deutlich erkennbar, dass eine Verlagerung des Phosphors in Richtung Trockensubstanz nicht stattfindet. Bei PRG-Rottegüllen zieht sich der ungebundene Phosphor zur Trockensubstanz, wo er gebunden wird und pflanzenverfügbar vorhanden ist.

Kalium (K₂O)

Bei Rohgülle findet keine Kaliumverlagerung von der Originalsubstanz hin zur Trockensubstanz statt. In PRG-Rottegüllen hingegen kommt es zu einen Verschiebung des Kaliums in Richtung Trockensubstanz. Kalium wird besser verfügbar.

Magnesium (MgO), Calcium (CaO)

Magnesium und Calcium werden bei PRG-Rottegüllen ebenfalls von der Originalsubstanz zur Trockensubstanz verlagert und verfügbarer. Bei der Rohgülle findet keine Verlagerung statt.

Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn), Bor(B)

Kupfer, Zink, Mangan und Bor werden bei PRG-Rottegüllen ebenso an die Trockensubstanz verlagert. Die Mikronährstoffbindung an die Trockensubstanz ist essenziell für deren optimalen Nährstofffluss zur Pflanze.

Schwefel (S)

Schwefelwasserstoffe werden in PRG-Rottegüllen zu festen Schwefelverbindungen umgebaut. Die Bindung des Schwefels an die Trockensubstanz generiert ein aktives Schwefeldepot für das Pflanzenwachstum.

Seite | 5

Natrium (Na)

In PRG-Rottegüllen werden Güllesalze zu Natriumverbindungen umgewandelt und ebenso an der Trockensubstanz angelagert. Bei Rohgülle bleiben die Güllesalze unangetastet. Ein hoher Natriumgehalt der Trockensubstanz ist essenziell für die Pflanzengesundheit und Fruchtbarkeit bei Tieren.

pH-Wert

Der gestiegene pH-Wert bei PRG-Rottegüllen unterstützt die Nährstoffaufnahme zur Pflanze und fördert das Pflanzenwachstum.

Zusammenfassung der physikalisch-chemischen Betrachtung

Der in den PRG-Rottegüllen vorangegangene bio-chemische Umbauprozess wandelt die instabilen flüchtigen Nährstoffe in strukturstabile Nährstoffverbindungen um. Die in der Originalsubstanz gemessenen hohen Nährstoffmengen der Rohgülle zeigen bei dem Umbauprozess zur PRG-Rottegülle eine deutliche Verlagerung in Richtung Trockensubstanz. Die Werte in der Originalsubstanz sinken. Gleichzeitig steigen die Nährstoffmengen in den PRG-Rottegüllen in der Trockensubstanz stark an. Gasförmig flüchtige Nährstoffverbindungen der Rohgülle gehen in flüssige Nährstoffverbindungen über. Der Rotteprozess bindet die neu entstandenen Nährstoffe an die Festteilchen der Rottegülle. Aus flüssig-gasförmigen Verbindungen der Rohgülle werden fest-flüssige Verbindungen in der PRG-Rottegülle. Es entstehen strukturstabile Nährstoffgemeinschaften.

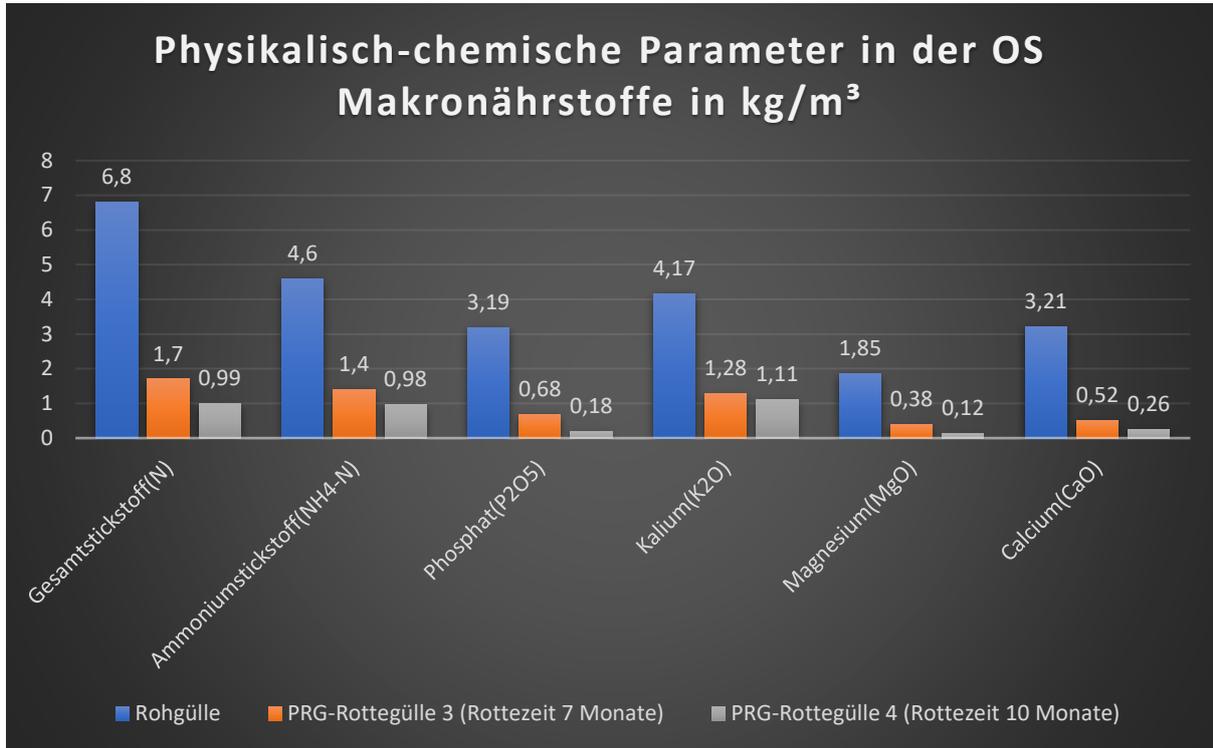


Abbildung 1: Physikalisch-chemische Parameter in der Originalsubstanz-Messmethode in kg/m³

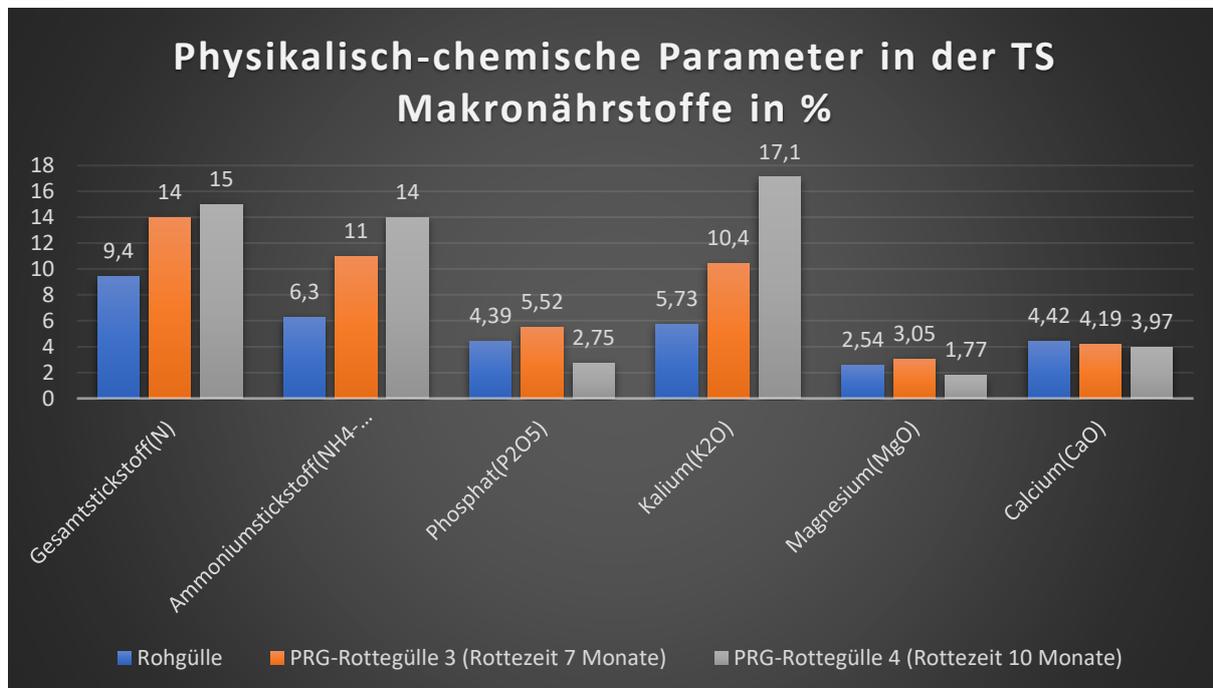


Abbildung 2: Physikalisch-chemische Parameter in der Trockensubstanz-Nachweisgröße in Prozent

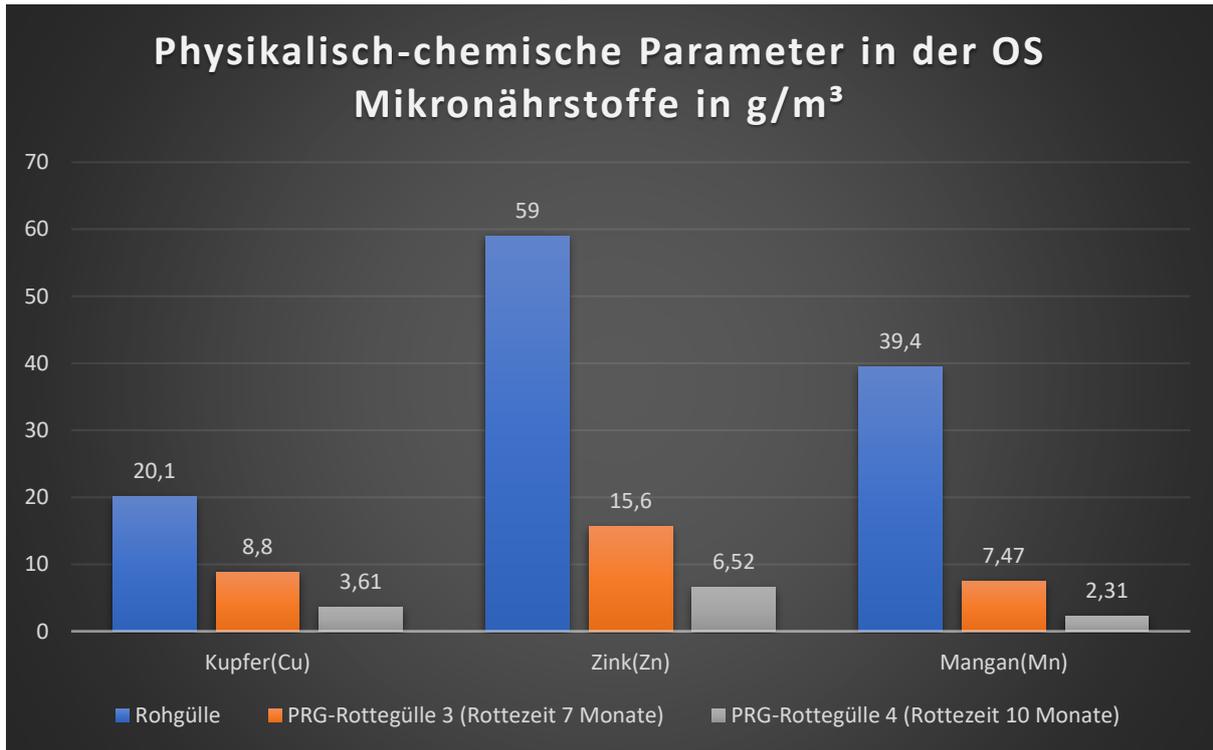


Abbildung 3: Physikalisch-chemische Parameter in der Originalsubstanz-Methode in g/m³

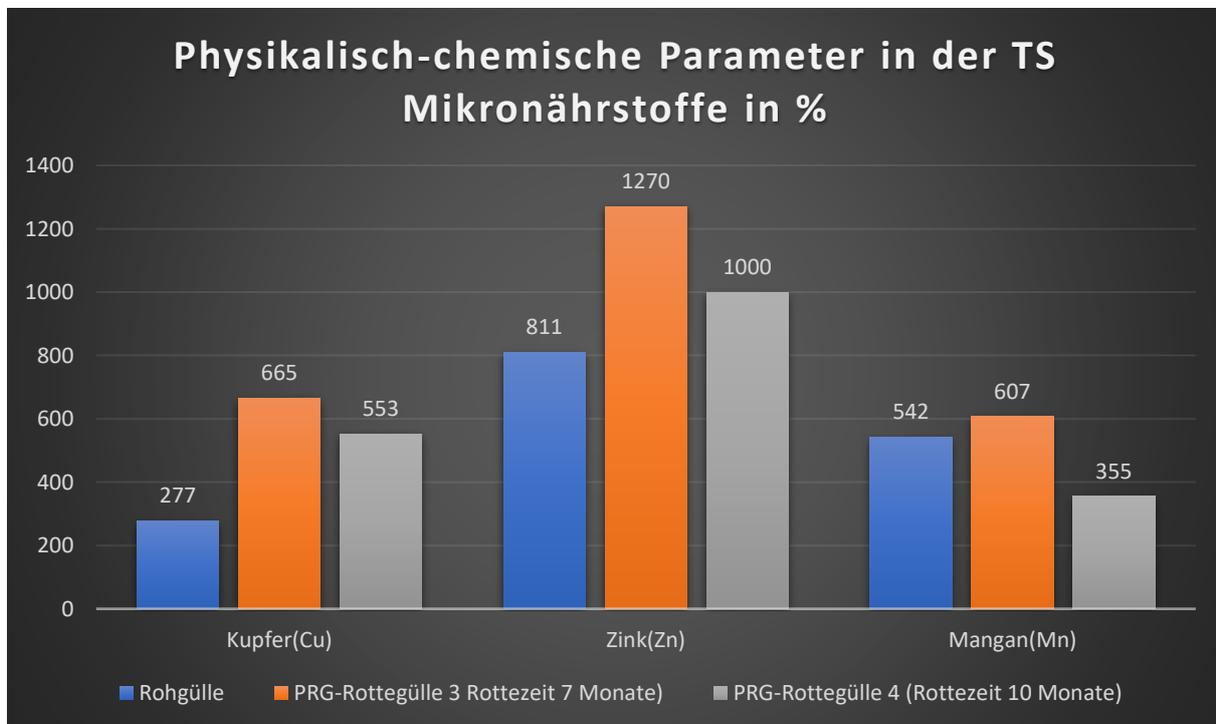


Abbildung 4: Physikalisch-chemische Parameter in der Trockensubstanz-Nachweisgröße in Prozent

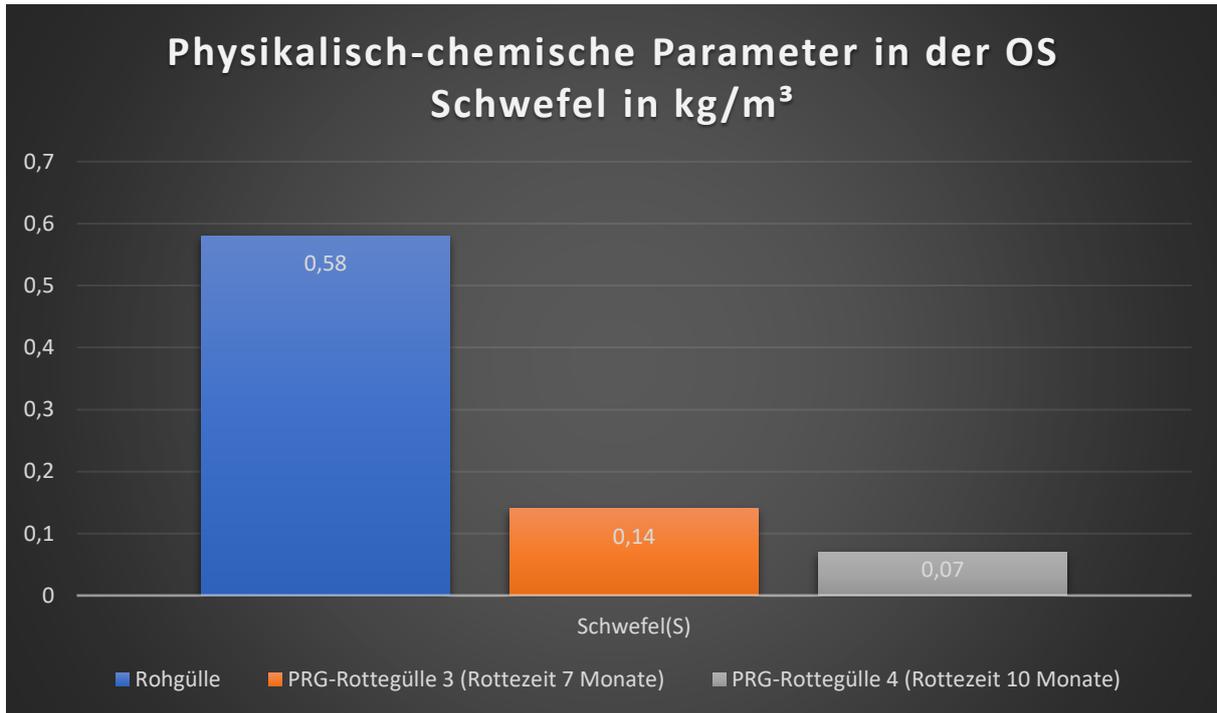


Abbildung 5: Physikalisch-chemische Parameter in der Originalsubstanz-Methode in kg/m³

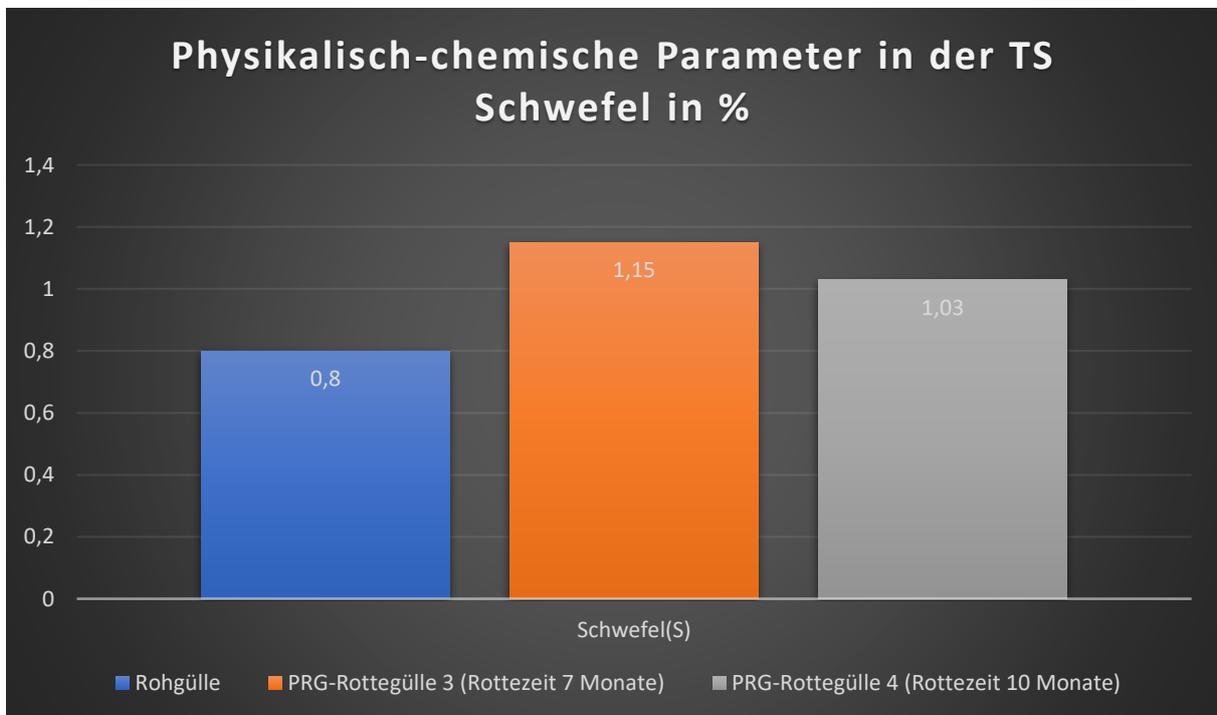


Abbildung 6: Physikalisch-chemische Parameter in der Trockensubstanz-Nachweisgröße in Prozent

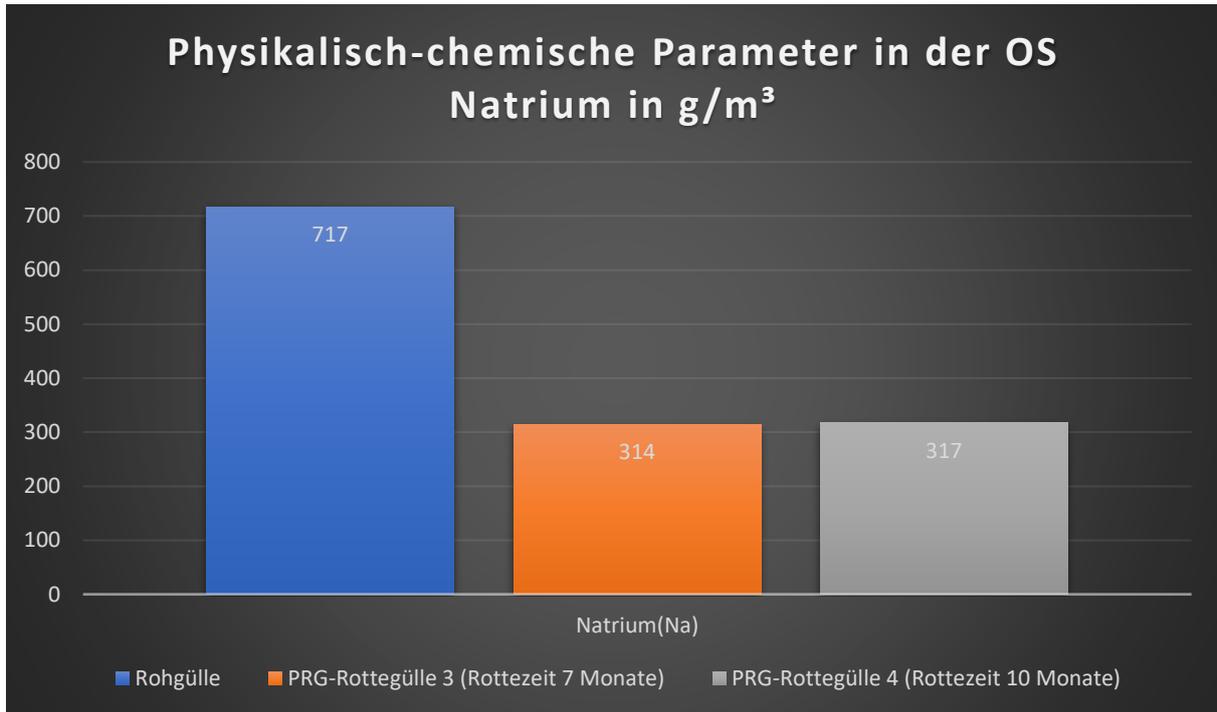


Abbildung 7: Physikalisch-chemische Parameter in der Originalsubstanz-Methode in g/m³

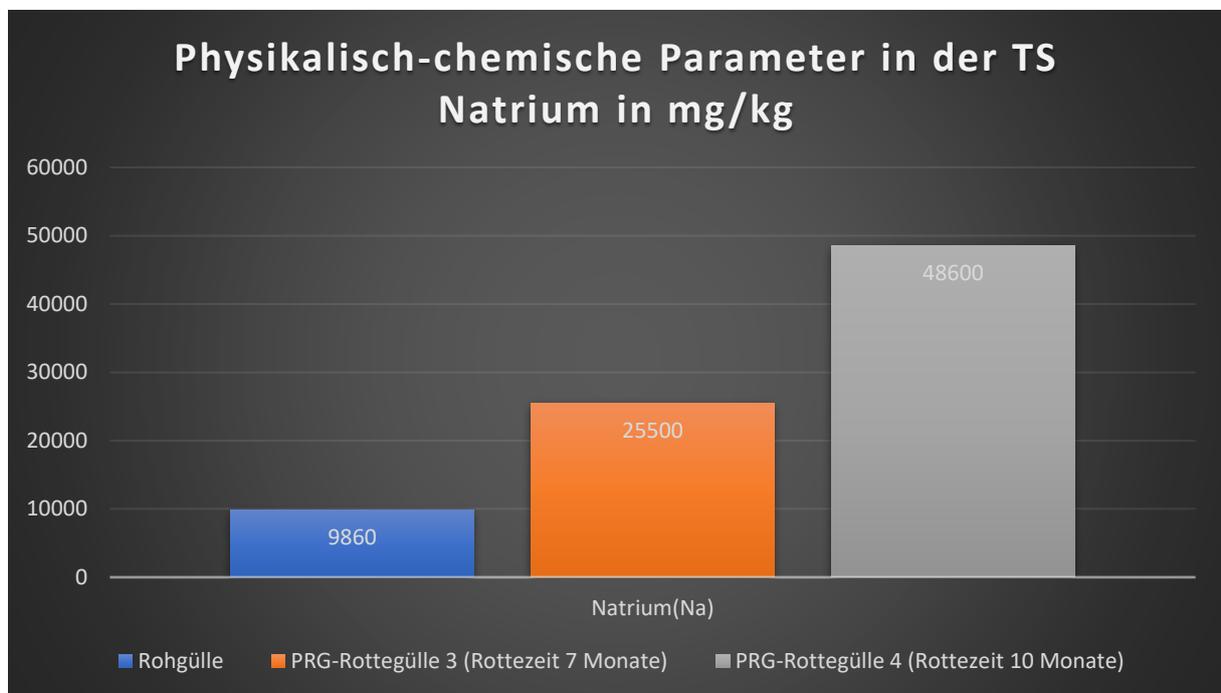


Abbildung 8: Physikalisch-chemische Parameter in der Trockensubstanz-Nachweisgröße in mg/kg

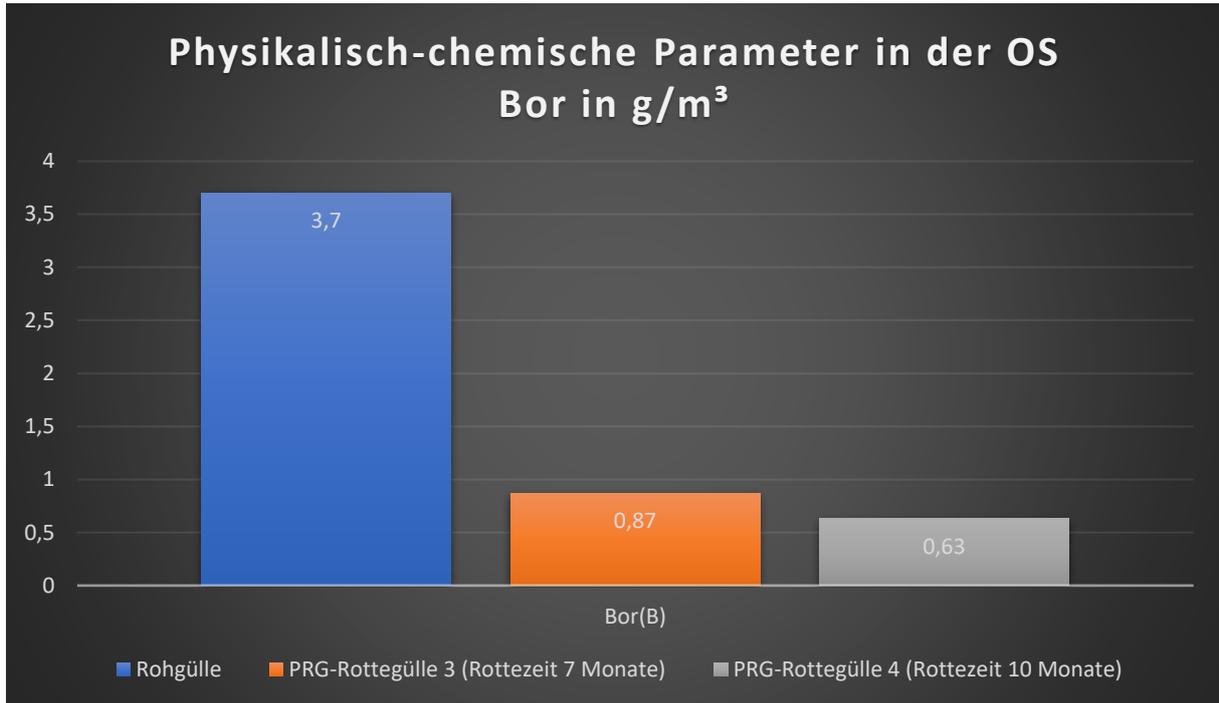


Abbildung 9: Physikalisch-chemische Parameter in der Originalsubstanz-Methode in g/m³

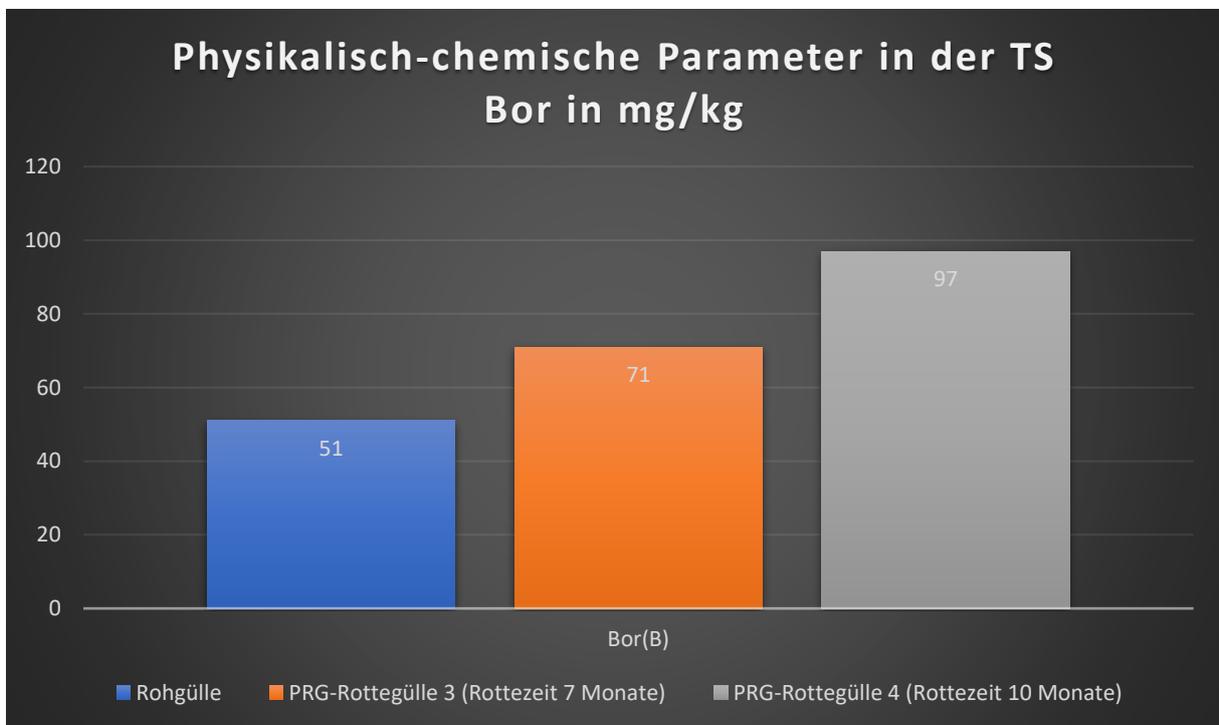


Abbildung 10: Physikalisch-chemische Parameter in der Trockensubstanz-Nachweisgröße in mg/kg

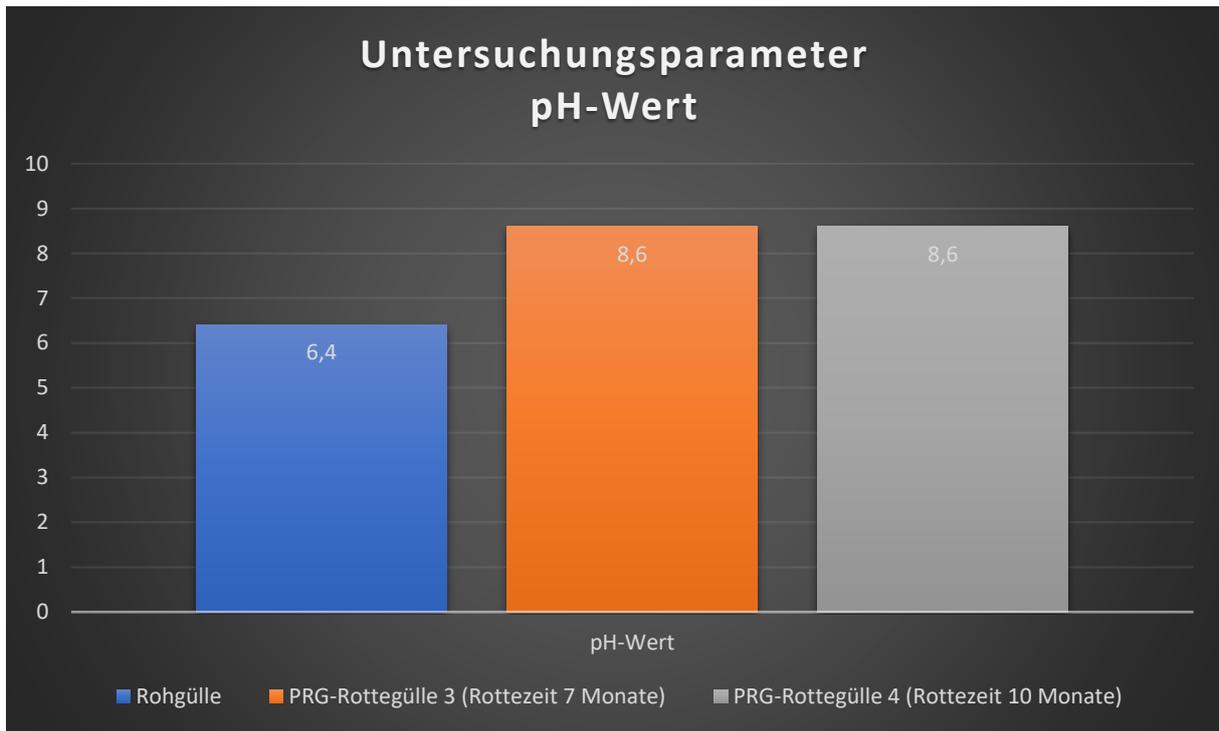


Abbildung 11: pH-Wert Vergleich der Güllen

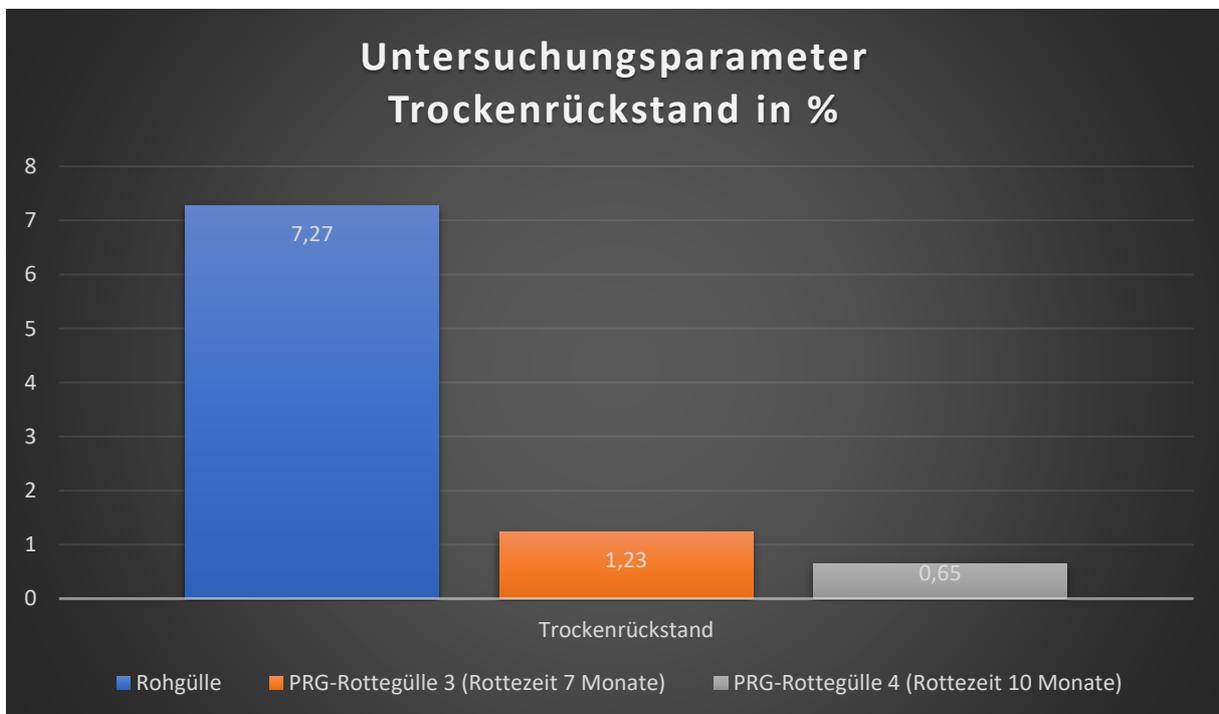


Abbildung 12: Trockenrückstand der Güllen in Prozent

Güllequotient

Seite | 12

Der Standard für die Güllequalität

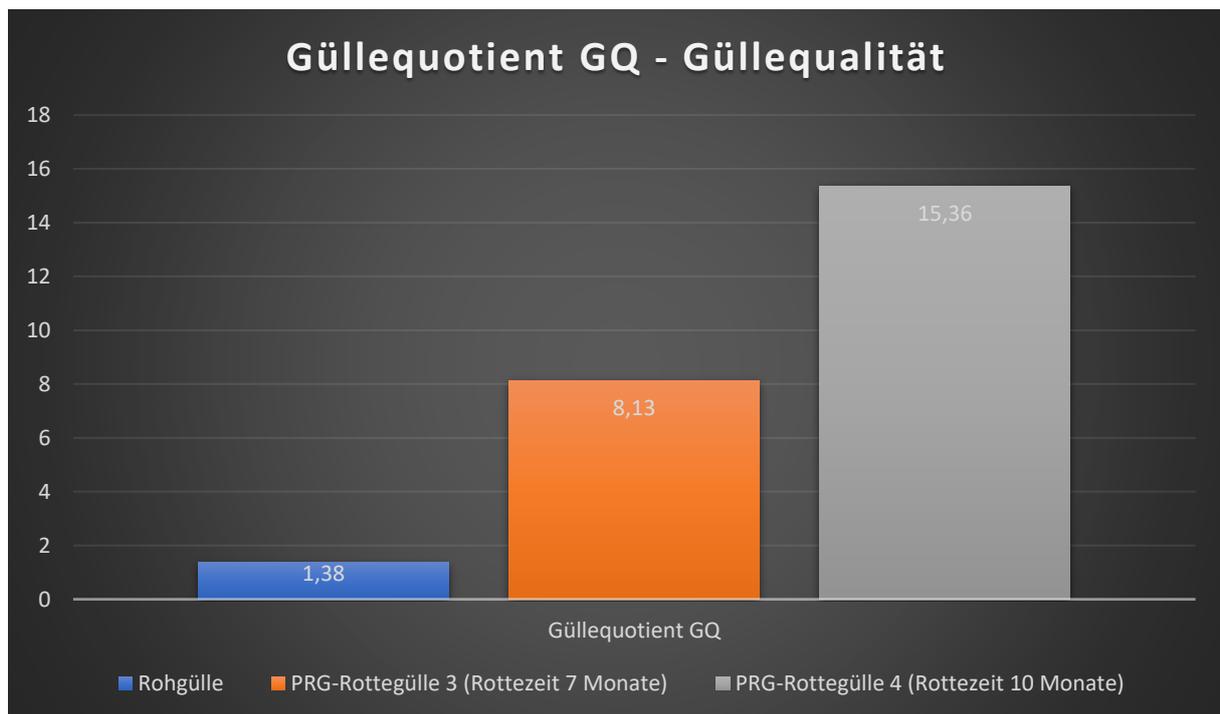


Abbildung 13: Der stark ansteigende Güllequotient spiegelt die immer besser werdende Güllequalität und deren Rottegrad wider. Ab einem Güllequotienten von 6,0 ist Schweinegülle im Endrotttestadium und für die Flüssige Organische Präzisionsdüngung geeignet.

Güllequotient

Seite | 13

Der Güllequotient zeigt die Qualität der Gülle durch den fortgeschrittenen Rotteprozess an und wird aus den physikalisch-chemischen Parametern der Trockensubstanznachweisgröße und der Originalsubstanz Messmethode berechnet.

$$TS/OS = GQ$$

Trockensubstanznachweisgröße/Originalsubstanz-Messmethode = Güllequotient

Je höher der berechnete Quotient, desto besser ist die Gülle.

Schweine-Rohgülle hat einen Güllequotienten unter 1,5. Der beginnende Rotteprozess lässt den Wert stetig ansteigen. Ab einem Quotienten von 6,0 ist die Gülle im Endrotttestadium. Die umgebauten neu entstandenen Nährstoffe können von den Pflanzen optimal aufgenommen werden.

Der durch die Rotte ansteigende Güllequotient wird vom Trockenrückstand und dem Wassergehalt der Gülle beeinflusst. Je höher der Trockenrückstand ist, umso langsamer ist die Güllerotte.

Für eine optimale Durchrottung der Gülle ist ein Wassergehalt von über 96-97% zu empfehlen. So sind genügend Wassermoleküle für den Umbauprozess vorhanden. Es stellt sich zugleich die schnellste Rottegeschwindigkeit ein, um einen Güllequotienten über 6 zu erreichen.

Der Güllequotient der verwendeten PRG-Rottegüllen beträgt **8,13** und **15,36**. Die Güllen sind durchgerottet.

Der Güllequotient der verwendeten Rohgülle ist **1,38**.

Rechenbeispiel:

Wir nehmen einen beliebigen Makronährstoff aus dem Prüfbericht von Agrolab heraus. Phosphat hat in der Trockensubstanznachweisgröße z.B. einen Anteil von 4,39 % und in der Originalsubstanz Messmethode einen Wert von 3,19 kg/m³. Wir dividieren 4,39/3,19. Das Ergebnis ist der Güllequotient GQ der den Wert 1,38 hat.

P20: 4,39/3,19=1,38

PRÜFBERICHT

Auftrag **604256**
 Analysenr. **376238** Wirtschaftsdünger
 Probeneingang **13.04.2022**
 Probenahme **31.03.2022**
 Kunden-Probenbezeichnung **7/3-2022/SGMA/ORKP/1M/-/IGL/-**

Güllequotient = 1,38

Beispiel P₂O: 4,39/3,19= 1,38

	Einheit	Wert i.d.TS	Nachweisgr	Einheit	Wert i.d.OS	Methode
physikalisch-chemische Parameter						
Trockenrückstand	%			%	7,27	DIN EN 15934 : 2012-11, Verfahren A
Wassergehalt	%			%	92,7	Berechnung aus dem Messwert
Glühverlust (org.Substanz)	%	78,0		kg/cbm	56,7	DIN EN 15935 : 2012-11
Makronährstoffe						
Gesamtstickstoff (N)	%	9,4		kg/cbm	6,8	DIN EN 16168 : 2012-11
Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	%	6,3		kg/cbm	4,6	DIN 38406-5-2 : 1983-10
Phosphat ges. (als P ₂ O ₅)	%	4,39		kg/cbm	3,19	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kalium ges. (als K ₂ O)	%	5,73		kg/cbm	4,17	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Magnesium ges. (als MgO)	%	2,54		kg/cbm	1,85	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Calcium ges. (als CaO)	%	4,42		kg/cbm	3,21	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Mikronährstoffe						
Natrium (Na)	mg/kg	9860		g/cbm	717	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	277		g/cbm	20,1	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Zink (Zn)	mg/kg	811		g/cbm	59	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Schwefel (S)	%	0,80		kg/cbm	0,58	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Mangan (Mn) gesamt	mg/kg	542		g/cbm	39,4	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
berechnete Werte						
C/N-Verhältnis		4,8				Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Sonstige Untersuchungsparameter						
Bor (B)	mg/kg	51		g/cbm	3,7	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
pH-Wert					6,4	DIN EN 15933 : 2012-11

Abbildung 14: AGROLAB physikalisch-chemische Parameter Rohgülle (1) Schweinemast



Abbildung 15: Analyseprobe Rohgülle (1)



Abbildung 16: Analyseprobe Rohgülle (1); Optischer Eindruck: matt, grau, klebrig, trüb, starke Geruchsentwicklung

PRÜFBERICHT

Auftrag **601368**
 Analysennr. **343070** Wirtschaftsdünger
 Probeneingang **29.03.2022**
 Probenahme **21.03.2022**
 Kunden-Probenbezeichnung **10/3-2022/SGF/DB/7M/PG3/B100/10L/1LM3**

Güllequotient = 8,13

Beispiel $P_2O_5: 5,52/0,679 = 8,13$

Seite | 15

	Einheit	Wert i.d.TS	Nachweisgr	Einheit	Wert i.d.OS	Methode
physikalisch-chemische Parameter						
Trockenrückstand	%			%	1,23	DIN EN 15934 : 2012-11, Verfahren A
Wassergehalt	%			%	98,8	Berechnung aus dem Messwert
Makronährstoffe						
Gesamtstickstoff (N)	%	14		kg/cbm	1,7	DIN EN 16168 : 2012-11
Ammoniumstickstoff (NH4-N)	%	11		kg/cbm	1,4	DIN 38406-5-2 : 1983-10
Phosphat ges. (als P2O5)	%	5,52		kg/cbm	0,679	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kalium ges. (als K2O)	%	10,4		kg/cbm	1,28	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Magnesium ges. (als MgO)	%	3,05		kg/cbm	0,375	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Calcium ges. (als CaO)	%	4,19		kg/cbm	0,52	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Mikronährstoffe						
Natrium (Na)	mg/kg	25500		g/cbm	314	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	665		g/cbm	8,18	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Zink (Zn)	mg/kg	1270		g/cbm	15,6	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Schwefel (S)	%	1,15		kg/cbm	0,14	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Mangan (Mn) gesamt	mg/kg	607		g/cbm	7,47	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Sonstige Untersuchungsparameter						
Bor (B)	mg/kg	71		g/cbm	0,87	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
pH-Wert					8,6	DIN EN 15933 : 2012-11

Abbildung 17: AGROLAB Physikalisch-chemische Parameter PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit - Ferkelzucht



Abbildung 18: Analyseprobe PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit



Abbildung 19: Analyseprobe PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit; Optischer Eindruck: glänzend, dunkel, klebstofffrei, geruchfrei

PRÜFBERICHT

Auftrag: 601368
 Analysenr.: 343069 Wirtschaftsdünger
 Probeneingang: 29.03.2022
 Probenahme: 21.03.2022
 Kunden-Probenbezeichnung: 14/3-2022/SGF/DB/10M/PG3/-/10L/-

Einheit Wert i.d.TS Nachweisgr Einheit Wert i.d.OS Methode

physikalisch-chemische Parameter

Trockenrückstand	%			%	0,65	DIN EN 15934 : 2012-11, Verfahren A
Wassergehalt	%			%	99,3	Berechnung aus dem Messwert
Makronährstoffe						
Gesamtstickstoff (N)	%	15		kg/cbm	0,99	DIN EN 16168 : 2012-11
Ammoniumstickstoff (NH4-N)	%	14		kg/cbm	0,89	DIN 38406-5-2 : 1983-10
Phosphat ges. (als P2O5)	%	2,75		kg/cbm	0,179	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kalium ges. (als K2O)	%	17,1		kg/cbm	1,11	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Magnesium ges. (als MgO)	%	1,77		kg/cbm	0,115	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Calcium ges. (als CaO)	%	3,97		kg/cbm	0,26	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Mikronährstoffe						
Natrium (Na)	mg/kg	48600		g/cbm	317	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	553		g/cbm	3,61	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Zink (Zn)	mg/kg	1000		g/cbm	6,52	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Schwefel (S)	%	1,03		kg/cbm	0,07	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Mangan (Mn) gesamt	mg/kg	355		g/cbm	2,31	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Sonstige Untersuchungsparameter						
Bor (B)	mg/kg	97		g/cbm	0,63	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
pH-Wert	°				8,6	DIN EN 15933 : 2012-11

Güllequotient = 15,36
 Beispiel P2O: 2,75/0,179= 15,36

aus DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind

Abbildung 20: AGROLAB Physikalisch-chemische Parameter PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit - Ferkelzucht



Abbildung 21: Analyseprobe PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 22: Analyseprobe PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit; Optischer Eindruck: glänzend, dunkel, klebstofffrei, geruchfrei



Abbildung 23: Abrinntest; Von links nach rechts: Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 24: Zersetzungsstadien; Von links nach rechts: Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 25: Rohgülle (2) Feststoffbetrachtung

Unverdaute Futterrückstände in der Rohgülle (2) sind deutlich sichtbar und weisen eine noch kantige Struktur auf. Gülleschleime und Klebstoffe sind ausgeprägt vorhanden. Eine Aufnahme durch den Boden und pflanzenverfügbare Umwandlung durch das Bodenleben ist **nur schwer möglich**.



Abbildung 26: PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit - Feststoffbetrachtung

Gut verdaute Futterrückstände in der PRG-Rottegülle (3). Eine Dunkelfärbung der Gülle weist auf eine Verdichtung der Organik hin. Langkettige Kohlenstoffverbindungen werden gebildet. Gülleschleime und Klebstoffe sind abgebaut. Die Gülle haftet nicht mehr an der Pflanze und rinnt ab. Gleichzeitig ist die Photosynthese nicht eingeschränkt. Keine Futterverschmutzung.



Abbildung 27: PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit - Feststoffbetrachtung

Futterrückstände sind in der PRG-Rottegülle (4) komplett umgebaut. Es ist eine hohe Infiltrationsrate in den Boden gewährleistet. Langkettige Kohlenstoffverbindungen werden gebildet. Gülleschleime und Klebstoffe sind abgebaut. Die Gülle haftet nicht mehr an der Pflanze und rinnt ab. Gleichzeitig ist die Photosynthese nicht eingeschränkt. Keine Futterverschmutzung.

Kressetest

Seite | 19



Abbildung 28: Kressetest mit Rohgülle (2) - kein Wachstum



Abbildung 29: Kresstest mit PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit - Keimung aktiv



Abbildung 30: Kresstest mit PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit - Keimung aktiv

Pflanzschalen-Test

Auswertung Rohgülle versus PRG-Rottegülle bei Sojabohnen

Seite | 22

Saatkörner gesamt: 20 Stück pro Pflanzschale

Auf den Bildern der gewachsenen Sojabohnen sind in den Pflanzschalen erhebliche Unterschiede zu erkennen.

Die optische Betrachtung zeigt erhebliche Keimhemmung und Wachstumsdepressionen bei toxischer Rohschweinegülle (Nummer 2). Eine Schädigung des Keimlings lässt nur einen geringen Aufgang der Sojabohne zu. Bei allen anderen Pflanzschalen ist eine geringe bis keine Keimhemmung ersichtlich. Bei den Rottegülle-Varianten (3,4) zeichnet sich ein gesundes Blattgrün ab. Kontrollgruppe 5 mit der Biostimulation PENERGETIC b 3000, sticht mit einem dunkleren Blattgrün heraus. Die Wuchshöhen in den Pflanzschalen mit den gerotteten PRG-Schweinegülle (3,4) stehen eindeutig heraus.

PENERGETIC b 3000 wurde zum Vergleich als zweite Kontrollvariante angelegt.

PENERGETIC b fördert das Enzym Beta-Glycosidase, ein Verdauungsenzym, und die gesamte biologische Aktivität. Biologische Umbauprozesse werden optimiert.

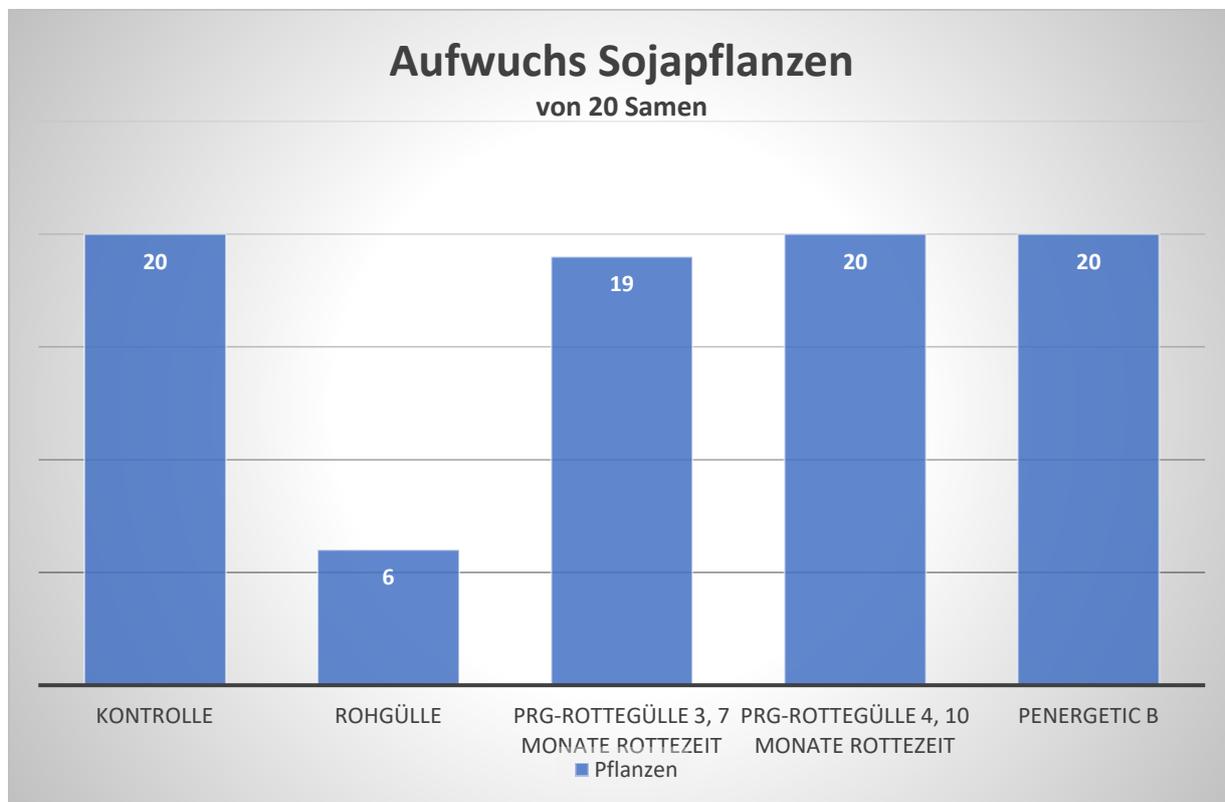


Abbildung 31: Gesamtpflanzenwachstum Statistik



Abbildung 32: Von links nach rechts: Kontrolle Wasser (1), Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3), PRG-Rottegülle (4), Kontrolle (Penergetic b) (5)



Abbildung 33: Kontrolle Wasser (1), Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3), PRG-Rottegülle (4), Kontrolle Penergetic b (5)

Für den Keimversuch wurde biologisch unbehandeltes Saatgut verwendet.

Seite | 24

Pflanzschale Nummer 2 mit Rohschweinegülle weist einen sehr schlechten Saataufgang mit hell gefärbten Blättern auf. Biologische Hemmstoffe verhindern einen natürlichen symbiontischen Pflanzenwuchs. An der Oberfläche befinden sich noch Güllefeststoffe (TS) mit fauliger Geruchsentwicklung.

Die PRG-Rottegülle-Varianten (3) und (4), weisen keinen Fäulnisgeruch an der Oberfläche mehr auf. Güllefeststoffe sind nicht mehr vorhanden.

Kontroll-Variante (1) mit Wasser und Kontroll-Variante (5) mit Penergetic b 3000 verdeutlichen die Wachstumsunterschiede.

In der Frontbetrachtung zeigen sich deutliche Wachstumsunterschiede. Die PRG-Rottegülle-Varianten (3) und (4) haben eine schnellere Jugendentwicklung mit kräftigen Pflanzen. Die Sojapflanzen der Kontroll-Variante mit Penergetic b 3000 haben das dunkelste Blattgrün.

An den weiterführenden Bildern können anhand der Pflanzschalenzusammenstellungen die Wachstumsunterschiede verdeutlicht werden.

Betrachtung und Nummerierung der Pflanzschalen:

Gülleanwendung mit Kontrolle (1,2,3,4),

Gülleapplikation (2,3,4) und

Kontrolle Wasser (1) zu Kontrolle Penergetic b (5)

Das Höhenwachstum wird mit Hilfe eines Rollmaßstabes verdeutlicht.



Abbildung 34: Kontrolle Wasser (1), Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 35: Kontrolle Wasser (1), Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 36: Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 37: Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 38: Kontrolle Wasser (1), Kontrolle Penergetic b (5). Farbunterschiede sind deutlich erkennbar. Eine bessere Nährstoffversorgung mit Penergetic b ist ersichtlich.



Abbildung 39: Kontrolle Wasser (1), Kontrolle Penergetic b (5). Strukturfestere und dunkelgrüne Sojapflanzen mit Penergetic b.



Abbildung 40: Kontrolle Wasser (1)

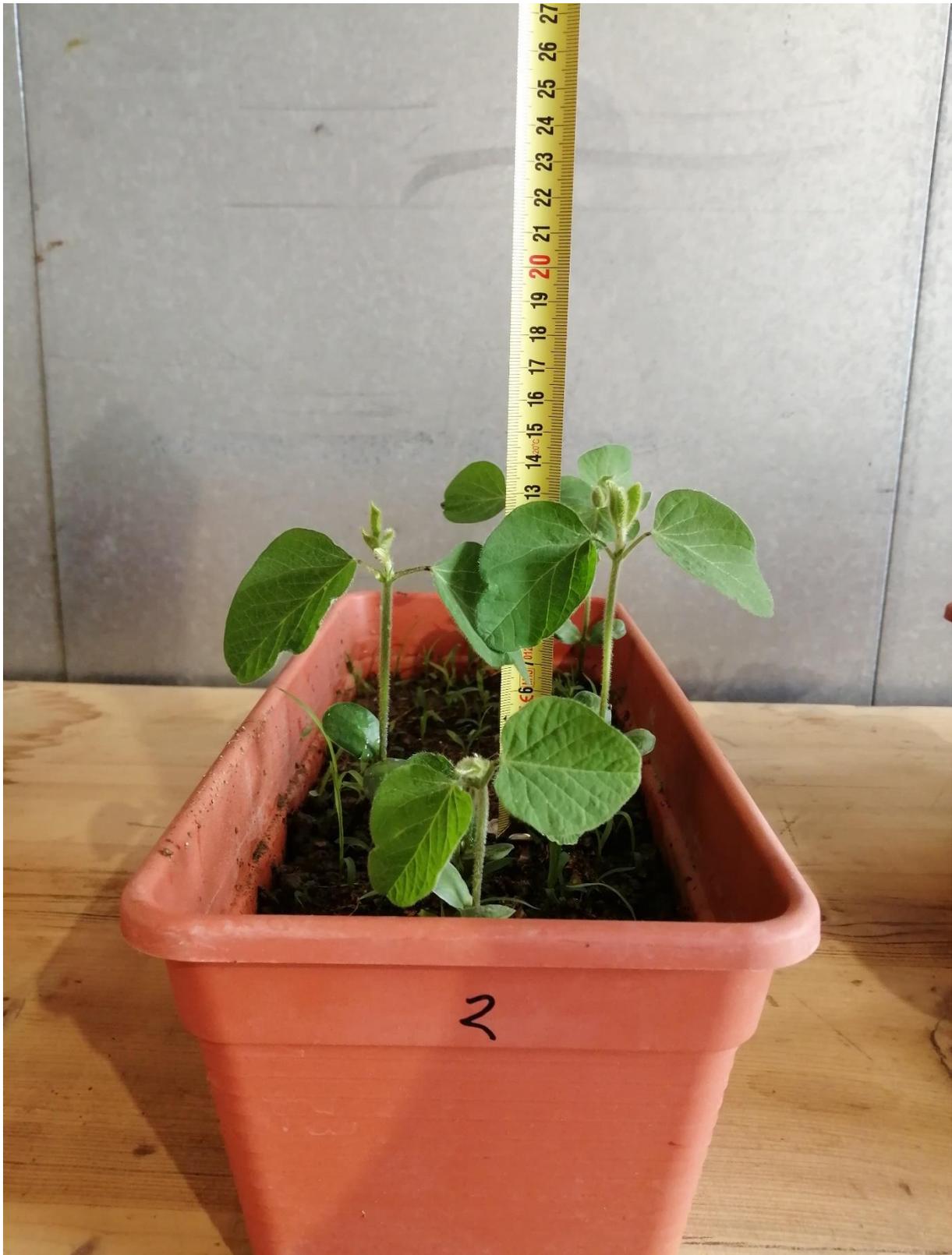


Abbildung 41: Rohgülle (2). Stark geschwächte inhomogene Sojapflanzen.



Abbildung 42: PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit. Sehr kräftig und vital ausgebildete Sojapflanzen.



Abbildung 43: PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit. Sehr kräftig und vital ausgebildete Sojapflanzen.

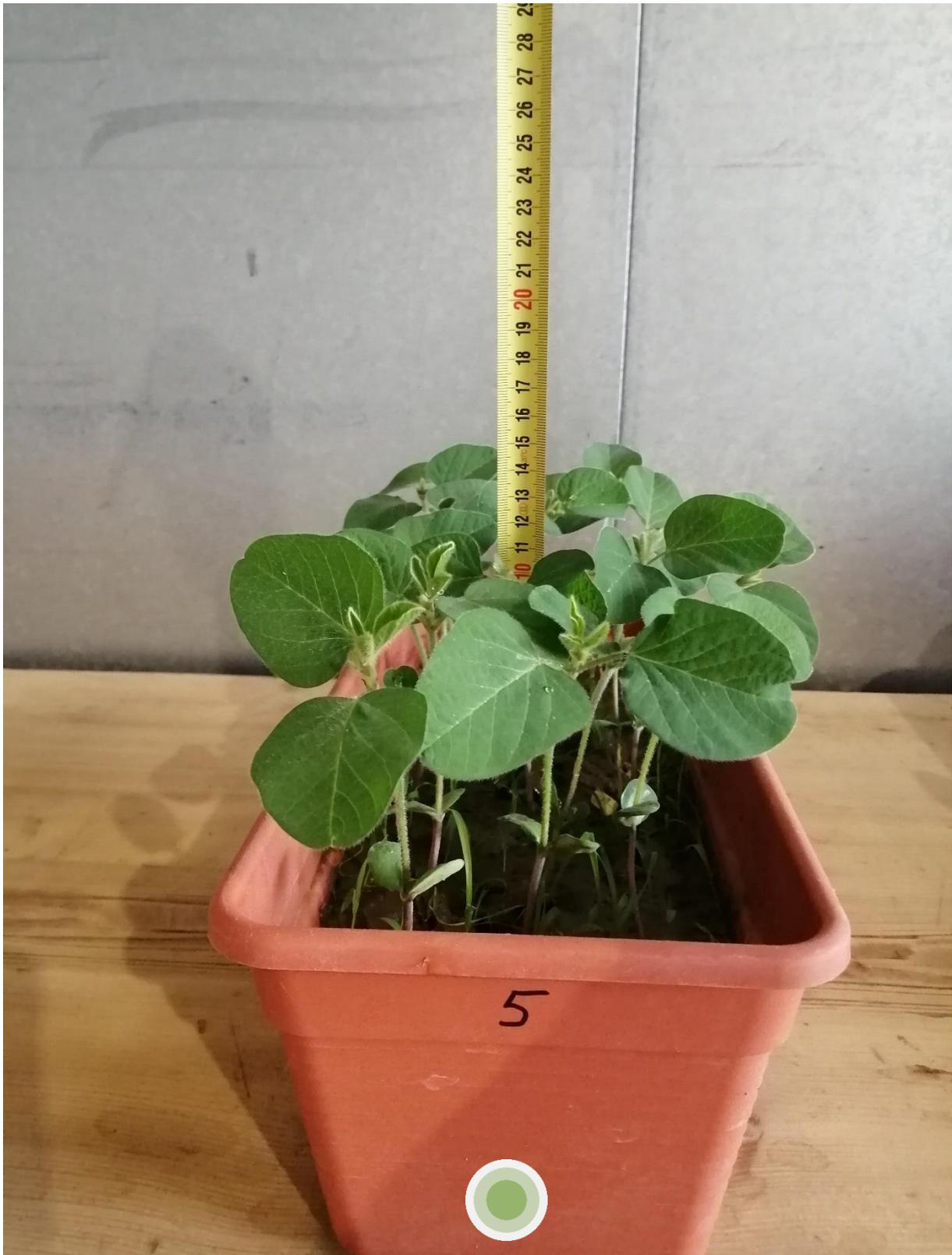


Abbildung 44: Kontrolle Penergetic b (5). Sehr dunkle Blattfarbe der Sojapflanzen.

Wurzelbetrachtung

Seite | 34

Wurzelwaschbilder geben Aufschluss, ob eine Toxizität im Pflanzen- und Bodenbereich vorhanden ist. Auf den Bildern erweist sich ein eindeutiges Fazit. Rohschweinegülle schädigt das Wurzelwachstum der Sojabohne, was auf biologische Hemmstoffe in der Rohschweinegülle zurückzuführen ist. Das Bodenmikrobiom ist nicht in der Lage diese Bodengifte schnell abzubauen. Nährstoff- und Wachstumsdepressionen sind unausweichlich. Boden- Pflanzensymbiosen können nicht generiert werden. So zeigt sich an den Wurzeln der mit Rohschweinegülle beimpften Sojaeinsaat (2) ein stark reduzierter Feinwurzelanteil mit strukturlosen starren, blanken, weißen, geradlinigen Wurzeln. Trotz der geringen Saatedichte (bedingt durch Keimschädigung) ist es den Pflanzen nicht möglich sich kräftiger zu entwickeln. Knöllchenansätze sind nicht vorhanden, was an den schnell verfügbaren Stickstoff in der Rohgülle zurückzuführen ist. Bei späterer Kornfüllung kann dies zu Ertragseinbußen führen. In der Kontrollsaat (1) sind Knöllchenansätze bereits vorhanden.

Im Vergleich zur natürlichen Wurzelbildung in der Kontrolleinsaat (1) werden die Veränderungen bei Rohgülle (2) durch Toxizitäten ersichtlich.

Die Wurzelentwicklung der Sojaeinsaaten mit **PRG-Rottegüllen** (3 u. 4) weisen ein symbiontisches Wachstum auf. Die Wurzelstrukturen ähneln derer der Kontrollsaat(1). Die Braunfärbung der Wurzeln weist auf Symbiosen zwischen Boden und Pflanze hin. Ein hoher Feinwurzelanteil schließt bei gerotteter Schweinegülle Toxine aus. Gleichzeitig kann das Bodenmikrobiom aktiv zur Pflanzengesundheit beitragen. Mikronährstoffe werden für die Pflanze leichter verfügbar. Die in der Rottegülle aufgeschlüsselten Nährstoffe sind langsamer aber kontinuierlicher verfügbar, was sich durch erste Knöllchenansätze an der Hauptwurzel äußert und später positiv in der Kornfüllung bemerkbar machen wird.

In der Kontroll-Variante (5) mit Penergetic b ist eine bessere Nährstoffaufnahme zu vermuten, was auch am Feinwurzelanteil an den Hauptwurzeln deutlich wird. Knöllchen sind auch hier ersichtlich.

Gewichtserhebungen aller gekeimten Sojapflanzen geben Aufschluss bezüglich der Gesamtentwicklung.

Wurzeltraubenbilder

Seite | 35

Wurzeltraubenbilder sind zur Gesamtbetrachtung der Wurzelbildung und deren dazugehörigem Blattapparat geeignet. Es lassen sich Rückschlüsse auf Wachstum, Vitalität, Wurzeltiefe, Wurzelfärbung, oberirdische organische Masse und Proportionen von oberirdischer Masse zu Wurzelmasse ziehen.

In den weiterführenden Bilderreihen sind die unterschiedlichen Vergleichsvarianten abgebildet.

Betrachtung und Beschreibung der Pflanzschalen:

Gesamtbetrachtung (1,2,3,4,5)

Gülleapplikation (2,3,4)

Kontrolle Wasser (1) Kontrolle Penegetic b (5)



Abbildung 45: Von links nach rechts: Kontrolle Wasser (1), Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit, Kontrolle Penegetic b (5)



Abbildung 46: Von links nach rechts: Rohgülle (2), PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 47: Von links nach rechts: Kontrolle (1), Kontrolle Pernergetic b (5)

Gewichtskontrolle

Seite | 37

Die Gewichtskontrolle, der in den jeweiligen Pflanzschalen gewachsenen Sojabohnen geben auch Aufschluss, ob positives oder negatives Boden- Pflanzenumfeld vorhanden ist. Der Vergleich zwischen Kontrollschalen (1,5) und den PRG-Rottegüleschalen (2,3,4) verdeutlicht, dass bei Schweinerohgülle (2) biologischen Hemmstoffen (Toxine) die Oberhand haben. Ein naturbiologisches symbiontisches Wachstum ist durch eine zu hohe biologische Giftstoffbelastung nicht gegeben. Das Bodenmikrobiom ist einer toxischen Dauerbelastung ausgesetzt, was die Keimung und das Wachstum der Sojapflanze beeinträchtigt.

Pflanzschalen mit PRG-Rottegüllen (3,4) weisen das höchste Gewicht (53g, 58g) der Gesamtbiomasse auf. Toxische Gülleverbindungen sind im Gülle-Rotteprozess umverdaut und zersetzt. Das Bodenmikrobiom ist keinen Toxinen ausgesetzt, was zu einer guten Symbiose zwischen Boden und Pflanze führt. Humusbildende Bodenprozesse werden beschleunigt. Zusätzlich entsteht mehr organische Masse.



Abbildung 48: Kontrolle Wasser (1)



Abbildung 49: Rohgülle (2)



Abbildung 50: PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit



Abbildung 51: PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit



Abbildung 52: Kontrolle Penegetic b (5)

Schwimmendes Wurzelbild

Das Schwimmende Wurzelbild zeigt positive bzw. negative Auswirkungen von Güllen auf die Wurzelentwicklung der Sojapflanzen auf. Die Wurzel Ausbildung ist für die Mikronährstoffaufnahme der Pflanzen und deren Gesundheit von Wichtigkeit.

Pflanzen mit hoher Symbioseleistung bilden mehr Feinwurzeln an den Hauptwurzeln aus und vergrößern so die Wurzeloberfläche um das zifache. Gesunde Pflanzenwurzeln haben strukturierte, wellige, dichte, verfärbte, weiche Wurzelkörper.

Die Förderung von Bodenaktivpilzen und deren Symbionten begünstigen ein optimales Wurzelwachstum.

Toxische Einwirkungen auf Boden und Wurzel erzeugen fäulnisbildende Prozesse mit erheblichen Wurzeldeformierungen. Im Schwimmenden Wurzelbild zeigen sich dadurch weiße, geradlinige, kantige, starre, kurze Wurzelformationen mit geringem Feinwurzelanteil.

Bei den Sojapflanzen wird zusätzlich ersichtlich, dass bei Rohgülle (2) keine Knöllchenansätze vorhanden sind, wo hingegen bei Sojapflanzen mit PRG-Rottegülle (3,4) Knöllchen gebildet werden.

Die Sojapflanzen mit Rohgülle (2) zeigen eine schwere Beeinträchtigung des aktiven Bodenmikrobioms auf. Pflanzen-, Wurzel- und Bodensymbiosen können schlecht aufgebaut werden. Das wichtige Rhizobium ist in deren symbiotischen Umfeld gestört. Von einem Absterben der Rhizobien kann ausgegangen werden.

Bei PRG-Rottegüllen (3,4) ist das Rhizobium aktiv. Biologische Hemmstoffe sind weitgehend abgebaut. Werden die Schwimmenden Wurzelbilder von Güllen (2,3,4) mit den Kontrollen (1,5) verglichen, bestätigt sich die Toxizität von Rohgülle.

Bodenhemmende Eigenschaften werden durch Röhgülle gefördert. Bodenbelebende und aufbauende Kreisläufe kommen aus dem Gleichgewicht.

Die folgenden Wurzelbilder geben Aufschluss, welche Auswirkungen Güllen auf Symbiosen zwischen Boden, Pflanze, Organik und Wurzel Ausbildung haben.



Abbildung 53: Kontrolle Wasser (1) gute Wurzelbildung mit Feinwurzelanhang.



Abbildung 54: Rohgülle (2) kahle blanke weiße Wurzelformation, fehlender Seitenwurzelanteil, Symbiosen zwischen Pflanze und Boden sind nicht vorhanden.



Abbildung 55: PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, gut ausgeprägte Wurzelformation mit üppigem Seitenwurzelanteil, braune symbiontische Wurzelfarbe.



Abbildung 56: PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit, gut ausgeprägte Wurzelformation mit üppigem Seitenwurzelanteil, braune symbiotische Wurzelfarbe.



Abbildung 57: Kontrolle Penergetic b (5) , gut ausgeprägte Wurzelformation mit üppigem Seitenwurzelanteil, braune symbiotische Wurzelfarbe.



Abbildung 58: Kontrolle Wasser (1) gute Wurzelbildung mit Feinwurzelnhang.



Abbildung 59: Rohgülle (2), kahle blanke weiße Wurzelformation, fehlender Seitenwurzelanteil, Symbiosen zwischen Pflanze und Boden sind nicht vorhanden.



Abbildung 60: PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, gut ausgeprägte Wurzelformation mit üppigem Seitenwurzelanteil, braune symbiotische Wurzelfarbe.



Abbildung 61: PRG-Rottegülle (4) mit 10 Monaten Rottezeit, gut ausgeprägte Wurzelformation mit üppigem Seitenwurzelsatz, braune symbiotische Wurzelfarbe.



Abbildung 62: Kontrolle Penegetic b (5), gut ausgeprägte Wurzelformation



Abbildung 63: Kontrolle Wasser (1) Knöllchenbildung am Schaftansatz vorhanden.



Abbildung 64: PRG-Rottegülle (3) mit 7 Monaten Rottezeit, Knöllchenbildung am Schaftansatz vorhanden.

Zusammenfassung:

Seite | 52

Die Pflanzschalen-Saatversuche mit Sojabohnen zur Evaluierung von biologischen Hemmstoffen (Toxinen) in Rohgülle und PRG-Rottegüllen von Schweinen geben deutlich Aufschluss, welche positiven Eigenschaften PRG-Rottegüllen auf das Bodenmikrobiom, der biologischen Prozessförderung, der langsam fließenden Nährstoffkreisläufe, der Wurzelbildung und der Pflanzengesundheit haben.

Die Reduzierung von Toxinen in landwirtschaftlichen Betriebskreisläufen in flüssigen LNPs ist für die **Flüssige Organische Präzisionsdüngung** essenziell. Je höher die „Eiweißfütterung“ in den Betrieben, desto höher die entstehenden biologischen Hemmstoffe in der Gülle. Toxine beeinträchtigen das Rhizobium in deren Entstehung und Ansiedlung. Symbiosen zwischen Pflanze, Boden, Wurzeln und dem Bodenmikrobiom können sich schwer bilden.

PRG-Rottegüllen sind in der Lage biologische aerobe Wachstumskreisläufe zu schützen und zu beschleunigen. Biologische Giftstoffe in der Gülle werden weitgehend abgebaut. Es können sich auf Dauer Rhizobien im Bodenkomplex bilden und symbiotisch mit dem Bodenmikrobiom etablieren. Die Bodenfruchtbarkeit kann zusätzlich gefördert werden.

Biologisch aerob aufbereitete PRG-Rottegüllen haben sekundär betrachtet weitere Vorteile wie z.B. Geruchreduktion, geringere Trockensubstanz, höheren Wassergehalt, bessere Fließfähigkeit, geringerer Rühraufwand, stabilisierte Stickstoff in Ammoniumform, schnelle Bodeninfiltration, biologisch verdaute Gülleschleime bzw. Klebstoffe, Schwimmdeckenreduktion, höherer pH-Wert und gut gerottetes Bodenfutter für Bodenorganismen.

