

Landwirtschaftliche Verwertung von Gärrückständen aus NaWaRo - Biogasanlagen

Endbericht Mai 2007

FKZ: 22011201

gefördert durch die
Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
(FNR)



Dipl. Umweltwiss. Harald Göhler
Prof. Dr. Christoph Emmerling
Universität Trier, FB VI – Bodenkunde
D – 54286 Trier



Trier im Mai 2007

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Gesamtziel des Projektes	8
2 Planung, Akquise und Anlagenbeschreibung	10
3 Nährstoffbilanzen	12
4 Güllescreening	15
5 Gefäßversuch	19
5.1 Sommergerste 2005	24
5.2 Zwischenfrucht (Ölrettich) 2005	25
5.3 Winterweizen 2005/06	26
5.4 Sommergerste 2006	28
6 Methoden und Analysen	30
6.1 Probennahme	30
6.1.1 Gülle und Gärrückstände	30
6.1.2 NAWARO	30
6.1.3 Bodenproben	30
6.1.4 Sickerwasserproben	31
6.1.5 Ernte	32
6.2 Chemische Analysen	32
6.3 Weitere Analysen	34
6.3.1 Biomasse/ Ertrag	34
6.4 Vorgehensweise bei der Bilanzierung der Stickstoffzufuhr durch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft und durch Biogasgülle	35
6.5 Statistische Auswertung	35
7 Ergebnisse des Güllescreenings	37
7.1 Mischgülle	37
7.2 Rindergülle	46
7.3 Schweinegülle	57
8 Ergebnisse der Gefäßversuche	67
8.1 Sommergerste (2005)	67

8.1.1	Mischgülle	67
8.1.2	Rindergülle	69
8.1.3	Schweinegülle	71
8.2	Ölrettich	72
8.2.1	Mischgülle	73
8.2.2	Rindergüllegülle	75
8.2.3	Schweinegüllegülle	76
8.3	Winterweizen	78
8.3.1	Mischgülle	78
8.3.2	Rindergülle	79
8.3.3	Schweinegülle	82
8.4	Sommergerste (2006)	84
8.4.1	Mischgülle	84
8.4.2	Rindergülle	85
8.4.3	Schweinegülle	86
9	Korrelationen zwischen den Parametern	88
9.1	Sommergerste (2005)	88
9.1.1	Mischgülle	88
9.1.2	Rindergülle	88
9.1.3	Schweinegülle	89
9.2	Ölrettich	89
9.2.1	Mischgülle	89
9.2.2	Rindergülle	90
9.2.3	Schweinegülle	90
9.3	Winterweizen	91
9.3.1	Mischgülle	91
9.3.2	Rindergülle	92
9.3.3	Schweinegülle	92
9.4	Sommergerste (2006)	93
9.4.1	Mischgülle	93
9.4.2	Rindergülle	93
9.4.3	Schweinegülle	94
10	Nährstoffbilanzen	95
10.1	Hoftorbilanzen	95
10.2	Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärrückständen	96
11	Diskussion	100
11.1	Güllescreening	100
11.1.1	Mischgülle	100
11.1.2	Rindergülle	104
11.1.3	Schweinegülle	110
11.2	Schwermetallgrenzwerte in den Gärsubstraten	113

11.3	Schwermetallgrenzwerte im Boden	115
11.4	Gefäßversuche	116
11.4.1	Sommergerste (2005)	116
11.4.2	Ölrettich.....	117
11.4.3	Winterweizen	119
11.4.4	Sommergerste (2006)	122
11.5	Hoftorbilanzen.....	123
12	Zusammenfassung	125
13	Schlussbetrachtung	128
14	Literaturverzeichnis.....	129
15	Anhang.....	131

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kick-Brauckmann-Gefäße für den durchgeführten Gefäßversuch im Gewächshaus.....	19
Abbildung 2: Gaze als Bodenbedeckung für die Versuchsgefäße mit 2mm Maschenweite.....	19
Abbildung 3: Drainageschicht aus einem Sand-Kies-Gemisch am Boden der Versuchsgefäße	20
Abbildung 4: Bestockung der Sommergerste 2005 des Gefäßversuchs im Gewächshaus.....	24
Abbildung 5: Sommergerste 2005 kurz vor der Totreife im Gewächshaus.....	25
Abbildung 6: Zwischenfrucht Ölrettich 2005 des Gefäßversuchs im Gewächshaus.....	25
Abbildung 7: Zwischenfrucht Ölrettich 2005 kurz vor der Ernte im Gewächshaus	26
Abbildung 8: Winterweizen 05/06 1-Blatt-Stadium im Gewächshaus	26
Abbildung 9: Winterweizen 05/06 zur Zeit der Bestockung.....	27
Abbildung 10: Winterweizen 05/06 zur Zeit des Ährenschieben.....	27
Abbildung 11: Winterweizen 05/06 zur Zeit der Totreife	27
Abbildung 12: Sommergerste 2006 zur Zeit des Zweiblattstadiums	28
Abbildung 13: Sommergerste 2006 zur Zeit der Bestockung.....	28
Abbildung 14: Sommergerste 2006 zur Zeit des 2-Knoten-Stadiums	29
Abbildung 15: Sommergerste 2006 zur Zeit der Totreife	29
Abbildung 16: Gefrorene Gülleproben in 5l-Benzinkanistern und als „portionierte“ Düngegaben in 250ml Polyflaschen	30
Abbildung 17: Entnahme einer Beutelprobe aus den obersten 10cm der Versuchsgefäße	31
Abbildung 18: Künstliche Sickerwassererzeugung im Gefäßversuch nach der Ernte ..	31
Abbildung 19: Auffangen des Sickerwassers am Boden der Gefäße	32
Abbildung 20: Manuelle Sammlung der Körner aus den geernteten Ähren der Sommergerste 2005.....	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten der untersuchten Biogasanlagen.....	10
Tabelle 2: Nährstoffzufuhr und -abfuhr der betrieblichen Hoftorbilanz.....	12
Tabelle 3: Gärsubstrate zur Düngung der Sommergerste 2005 (MG=Mischgülle aus Rinder- und Schweinegülle; RG=Rindergülle; SG=Schweinegülle)	15
Tabelle 4: Gärsubstrate zur Düngung der Zwischenfrucht 2005 und des Winterweizens 2005/06 (MG=Mischgülle aus Rinder- und Schweinegülle; RG=Rindergülle; SG=Schweinegülle)	16
Tabelle 5: Gärsubstrate zur Düngung der Sommergerste 06 (MG=Mischgülle aus Rinder- und Schweinegülle; RG=Rindergülle; SG=Schweinegülle)	17
Tabelle 6: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Sommergerste 2005	22
Tabelle 7: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Zwischenfrucht (Ölrettich) 2005.....	22
Tabelle 8: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Winterweizen 2005/06	23
Tabelle 9: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Sommergerste 2006	23
Tabelle 10: Untersuchte Parameter für den Boden, die Gülle, das Gärsubstrat mit den entsprechenden Methoden.....	33
Tabelle 11: Untersuchte Parameter für die Gülle, das Gärsubstrat, die NAWARO's, die Ackerfrucht und das Sickerwasser mit den entsprechenden Methoden.....	34
Tabelle 12: Mittelwerte des Sulfadiazins (SDZ) und des N4-Acetyl-Sulfadiazins (N4-Ac-SDZ) aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS).....	66
Tabelle 13: Ergebnisse der N-, P- und K-Hoftorbilanzen der untersuchten Betriebe aus dem Jahr 2005.....	95
Tabelle 14: Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung (bisherige und novellierte DVO) bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärrückständen.....	99
Tabelle 15: Charakterisierung der Untersuchungsbetriebe.....	99
Tabelle 16: Grenzwerte der BioAbfV und der AbfKlärV für die untersuchten Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink im Vergleich zu den ermittelten Gehalten in den drei Güllearten	113
Tabelle 17: Grenzwerte der BioAbfV und der AbfKlärV für die untersuchten Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink im Vergleich zu den ermittelten Gehalten im Boden mit den unterschiedlichen Güllearten	115

Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Abfall-Klärschlamm-Verordnung (1992)
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BioAbfV	Bio-Abfallverordnung (1998)
EEG	Energie-Einsparungsgesetzes (2004)
GPS	Ganzpflanzensilage
MG	Mischgülle (Rinder- und Schweinegülle)
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
NH ₄ -N-Gehalt	Ammoniumstickstoff-Gehalt
NPK-Dünger	Stickstoff-Phosphor-Kalium-Dünger
RG	Rindergülle
Sero-Dünger	Sekundärrohstoff-Dünger
SG	Schweinegülle

1 Gesamtziel des Projektes

Durch die Novellierung des Energie-Einsparungsgesetzes (EEG 2004) sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Biogasanlagen, die ausschließlich Wirtschaftsdünger und nach dem neuen EEG zugelassene nachwachsende Rohstoffe (z.B. Mais-silage, Grassilage, u.a.) einsetzen, deutlich verbessert worden. Hierdurch ist die Anzahl solcher Anlagen erheblich gestiegen. Daher entsteht in naher Zukunft ein erheblicher Beratungsbedarf auf der Grundlage objektiver Daten für die Betreiber der bereits vorhandenen, sowie der zukünftig errichteter Biogasanlagen. Die gilt besonders auch für die eingesetzten Kosubstrate, die eventuell mit Hemmstoffen für den späteren biologischen Abbauprozess, wie z.B. Desinfektionsmittel, Antibiotika oder Schwermetallen, angereichert sein können. Es besteht hier ebenfalls erheblicher Forschungsbedarf. Dieser umfasst zudem die Frage ob bei der Rückführung der Gärsubstrate auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen eine Gefahr durch verstärkten Schadstoffeintrag in den Boden besteht.

Bestimmung qualitativer Eigenschaften von Gärrückständen aus NAWARO-Biogasanlagen

Nach dem EEG sind nachwachsende Rohstoffe wie Maissilage, Grassilage, Getreide, Zwischenfrüchte u.v.m. als Kofermente in Biogasanlagen zugelassen. Es sollten deshalb die qualitativen Eigenschaften der Gärrückstände aus NAWARO-Biogasanlagen untersucht und dokumentiert werden. Hierfür wurden Gärsubstrate aus Rindergülle, Schweinegülle, sowie Mischgülle (aus Rinder- und Schweinegülle) und verschiedenen NAWARO's analysiert. Die verschiedenen Gärrückstände wurden hinsichtlich des pH-Wertes, der organischen Substanz, der Nährstoffgehalte, der Schwermetalle und der Antibiotika untersucht.

Wirkung verschiedener Gärrückstände aus NAWARO-Biogasanlagen auf Bodeneigenschaften und Ertragsparameter

Die Wirkung der Gärsubstrate aus den NAWARO-Biogasanlagen auf verschiedene Bodeneigenschaften und Ertragsparameter wurden anhand eines Gefäßversuchs über einen Zeitraum von 1 ½ Jahren untersucht. In dieser Zeit wurden Sommergerste, einer Zwischenfrucht (Ölrettich) und Winterweizen angebaut. Die einzelnen Varianten wurden in 4-facher Wiederholung geprüft. Als Kontrolle diente eine Variante mit Mineraldünger. Am Versuchsboden wurden die Entwicklung der Nährstoffgehalte, Schwerme-

talle, Antibiotika, sowie bodenbiologische Eigenschaften untersucht. Die Erträge und Ertragskomponenten wurden darüber hinaus erfasst. Anfallendes Sickerwasser wurde auf den Nitratgehalt und den gelösten organischen Kohlenstoff untersucht.

Nährstoffbilanzen (Hoftorbilanzen)

Diese Bilanzierung diente der Überprüfung, ob Biogasbetriebe durch die Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen überdurchschnittlich hohe Nährstoffüberschüsse aufweisen und ob sie die Vorgaben der Düngeverordnung bei der landwirtschaftlichen Verwertung der Gärrückstände einhalten können. Hierzu wurden Hoftorbilanzen erstellt und die Stickstoffzufuhr durch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft und durch Biogasgülle ermittelt.

Bewertung der qualitativen Eigenschaften von Gärrückständen aus NAWARO-Biogasanlagen als Sero-Dünger

Bei der Verwertung von Gärrückständen auf nicht betriebseigenen Flächen muss nach der Düngemittelverordnung eine Zulassung als Sero-Dünger erfolgen. Durch die Analysen der Gärrückstände aus NAWARO-Biogasanlagen konnten diese, vergleichbar den Gütekriterien von Komposten, charakterisiert werden.

2 Planung, Akquise und Anlagenbeschreibung

Das Projekt „Landwirtschaftliche Verwertung von Gärrückständen aus NAWARO-Biogasanlagen“ startete zum 01.05.2005. Bei der Wahl der kooperierenden Biogasanlagenbetreiber waren die Art der Frischgülle, sowie die verwendeten Kofermente ausschlaggebend.

Insgesamt wurden die Frischgülle, das Gärsubstrat und die verwendeten Kofermente von 12 Biogasanlagen zu drei unterschiedlichen Terminen in einem Güllescreening untersucht und in den Gefäßversuchen als Dünger verwendet. Insgesamt wurden 34 verschiedene Gärsubstrate im Güllescreening untersucht.

Die drei verschiedenen Gülletypen wurden wie folgt abgekürzt:

- Mischgülle ⇒ MG
- Rindergülle ⇒ RG
- Schweinegülle ⇒ SG

Tabelle 1: Technische Daten der untersuchten Biogasanlagen

Anlage	Gülleart	kW/h	Anzahl der Fermenter	Verweildauer (d)	Temperatur
1	MG	80	2	60	beide Fermenter 38 °C
2	MG	600	4	80	alle Fermenter 32 °C
3	MG	160	1	35	38 °C
4	RG	100	1	75	42 °C
5	RG	55	2	200	beide Fermenter 42 °C
6	RG	150	1	120	35 °C
7	RG	80	1	80	46 °C
8	RG	300	2	50	1.Fermenter 39 °C 2.Fermenter 32 °C
9	RG	350	2	40	beide Fermenter 40-42 °C
10	SG	55	1	40	42 °C
11	SG	700	1	30	36 °C
12	SG	280	2	40	1.Fermenter 49 °C 2.Fermenter 47 °C

Bei den technischen Daten der untersuchten Biogasanlagen wurde sich auf die Auskünfte der Betreiber gestützt (siehe Tabelle 1). Zusätzlich erfolgte jeweils eine Besichtigung vor Ort. Die Vergärung in den untersuchten Anlagen lief ausnahmslos im Grenzbereich des mesophilen (25-45°C) zum thermophilen Temperaturbereich (40-80°C) ab. Die Kofermente stammten überwiegend aus den Betrieben der Betreiber. Ausnahmen bildeten die Anlagen mit Mischgülle und die Anlage 9, bei der wenigstens einmal Hühnertrockenkot von einer externen Hühnerfarm als Kosubstrat verwendet wurde.

3 Nährstoffbilanzen

Betriebliche Nährstoffbilanzen können in Form einer Hoftor- oder einer Flächenbilanz erstellt werden. Bei der Hoftorbilanz werden die Nährstoffe erfasst, die dem Betrieb über den Einkauf zugeführt, sowie die Nährstoffe, die vom Betrieb in Form von Verkaufsprodukten abgeführt werden (Tabelle 2). Dagegen werden bei der Flächenbilanz die Nährstoffe erfasst, die der landwirtschaftlich genutzten Fläche eines Betriebes zu- bzw. abgeführt werden. Der Vorteil der Hoftorbilanz liegt darin, dass die erforderlichen Daten überwiegend der betrieblichen Buchführung entnommen werden können, während die Datengrundlage zur Berechnung der Flächenbilanz unsicher ist. So kann der Nährstoffanfall in Wirtschaftsdüngern nur näherungsweise abgeschätzt werden und auch die Erträge der innerbetrieblich verwerteten Futterpflanzen können sowohl im Ackerbau wie auch im Grünland nicht genau ermittelt werden. Daher wurde in dieser Untersuchung die Berechnung nach dem Ansatz der Hoftorbilanz favorisiert. Da die am 14.01.2006 in Kraft getretene novellierte Düngeverordnung jedoch ausschließlich die Berechnung von Stickstoff- und Phosphorbilanzen in Form einer betrieblichen Flächenbilanz vorsieht, wurden zusätzlich zu den Hoftorbilanzen auch noch die Nährstoffsalde der Flächenbilanzen ermittelt. Vor der Novellierung war es den Betrieben frei gestellt, ob sie einen Nährstoffvergleich im Sinne einer Hoftorbilanz oder einer Flächenbilanz durchführten.

Tabelle 2: Nährstoffzufuhr und -abfuhr der betrieblichen Hoftorbilanz

Nährstoffzufuhr (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O)	Nährstoffabfuhr (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O)
+ Handelsdünger	- Pflanzliche Marktprodukte
+ Futtermittel	- Tierische Marktprodukte
+ Sekundärrohstoffdünger	
+ Zukauf von nachwachsenden Rohstoffen	
+ Wirtschaftsdüngerzukauf	
+ Tierzukauf	
+ Saat- und Pflanzgutzukauf	
+ Biologische N-Fixierung im Ackerbau	
+ Biologische N-Fixierung im Grünland	
+ Atmosphärische Stickstoffdeposition	
Σ Zufuhr	Σ Abfuhr
Saldo = Σ Zufuhr - Σ Abfuhr	

Die Nährstoffmengen von Handelsdüngern, Futtermitteln, Sekundärrohstoffdüngern, nachwachsenden Rohstoffen, Wirtschaftsdüngern, pflanzlichen und tierischen Produkten berechneten sich durch die Multiplikation der jeweiligen Mengen mit den entsprechenden N-, P- und K-Gehalten. Dabei wurden die Mengenangaben der Buchführung, bzw. den Rechnungen und Lieferscheinen der Landwirte entnommen. Die Nährstoffgehalte von Handelsdüngern und Futtermitteln wurden den Produktinformationen der Hersteller entnommen. Die der Sekundärrohstoffdünger stammen von den Lieferscheinen oder der Datenbank „Organische/mineralische Abfälle und Wirtschaftsdünger“ des KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2000). Die Nährstoffgehalte der pflanzlichen und tierischen Produkte sowie der zugekauften Wirtschaftsdünger wurden den Tabellenwerken der MusterVwV DVO (1996) entnommen.

Die biologische Stickstofffixierung berechnete sich für die Ackerflächen durch die Multiplikation der Erträge mit der spezifischen Fixierleistung nach der MusterVwV DVO (1996). Im Grünland wurde die biologische Stickstofffixierung nach der Schätzgleichung von WEISSBACH (1995) in Abhängigkeit des Kleeertrages und der Stickstoffdüngung ermittelt, wobei bei Wirtschaftsdüngern nur der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt in die Berechnung eingeflossen ist. Für den Stickstoffinput durch die atmosphärische Deposition wurden in Anlehnung an regionale Untersuchungen von QUIRIN (2004) 10 kg N/ha veranschlagt.

Da für die Bearbeitung von Teilziel 3 auch die Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung überprüft werden sollen, wurden zusätzlich zu den Hoftorbilanzen auch noch die Stickstoff- und Phosphorsalden der Flächenbilanzen für die untersuchten Betriebe ermittelt. Dabei wurde der Stickstoffsaldo der Flächenbilanz aus dem Stickstoffsaldo der Hoftorbilanz abgeleitet, indem der Stickstoffanfall im Wirtschaftsdünger (Biogasgülle) ermittelt wurde und davon die nach der novellierten Düngeverordnung anrechenbaren Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste subtrahiert wurden. Anschließend wurden die anrechenbaren Verluste vom Stickstoffsaldo der Hoftorbilanz subtrahiert und es ergab sich der Stickstoffsaldo der Flächenbilanz. Der Phosphorsaldo von Hoftor- und Flächenbilanz ist identisch.

Der Saldo der Hoftor- und Brutto-Flächenbilanz (also ohne die Anrechnung von Stickstoffverlusten) ist identisch, da zwischen dem Nährstoffanfall aus der Tierhaltung und dem Nährstoffoutput vom Feld eine Beziehung besteht. Subtrahiert man vom Nährstoffoutput vom Feld, den Nährstoffoutput durch pflanzliche Marktprodukte, so erhält man den Nährstoffanfall im betriebseigenen Futter. Der Nährstoffanfall im betriebseigenen Futter plus der Nährstoffinput durch Futterzukauf minus den Nährstoffoutput durch tierische Marktprodukte ergibt den Nährstoffanfall aus der Tierhaltung. D.h. dass sich ein Unter- bzw. Überschätzen der Futterpflanzenenerträge sowohl auf der Output- als auch auf der Inputseite der Flächenbilanz auswirkt, während der Bilanzsaldo unbeeinflusst bleibt und in gleicher Höhe liegt, wie bei der Hoftorbilanz. Umgekehrt kann natürlich auch der Nährstoffoutput vom Feld berechnet werden, wenn der Nährstoffanfall aus der Tierhaltung abgeschätzt wird. Fehlerquellen in der Berechnung des Stickstoffsaldos der Flächenbilanz treten jedoch dann auf, wenn ausschließlich eine Flä-

chenbilanz erstellt wird, da hierbei sowohl der Nährstoffanfall auf der Tierhaltung wie auch der Nährstoffoutput vom Feld abgeschätzt werden muss.

4 Güllescreening

Aus den oben beschriebenen Anlagen wurden Proben der Frischgülle sowie der verwendeten Kofermente (Inputmaterialien) und den jeweiligen Gärsubstraten (Outputmaterialien) vor Ort entnommen. Die Angaben über die täglichen Frachten basieren auf den Aussagen der Anlagenbetreiber (siehe Tabelle 2, 3 und 4).

Tabelle 3: Gärsubstrate zur Düngung der Sommergerste 2005 (MG=Mischgülle aus Rinder- und Schweinegülle; RG=Rindergülle; SG=Schweinegülle)

Biogasanlage	Gülleart	Mengenverhältnis der vergorenen Substrate
1	MG	16-20cbm Gülle (1/3RG; 2/3SG) 2t Mais, 4t Festmist
2	MG	30cbm Gülle (9/10 RG; 1/10 SG), 5t Mais, 12t Festmist, 3t Gras
3	MG	15cbm Gülle (4/5RG; 1/5 SG), 1,5t Mais, 1,8t Gras, 1t Festmist, 1,3t Getreide
4	RG	4-5cbm Gülle, 0,6t Festmist (vom Schwein), 2t Mais, 0,5t Gras
5	RG	1cbm Gülle, 2t Mais
6	RG	4cbm Gülle 2t Mais, 1t Gras
7	RG	5cbm Gülle, 2t Mais, 0,6t Getreide (Triticale, Roggen)
10	SG	3cbm Gülle, 5t Mais
11	SG	20cbm Gülle
12	SG	4cbm Gülle, 8t Mais, 1t Getreide

Tabelle 4: Gärsubstrate zur Düngung der Zwischenfrucht 2005 und des Winterweizens 2005/06 (MG=Mischgülle aus Rinder- und Schweinegülle; RG=Rindergülle; SG=Schweinegülle)

Biogasanlage	Gülleart	Mengenverhältnis der vergorenen Substrate
1	MG	16-20cbm Gülle (1/3RG; 2/3SG) 2-3t Mais, 2-3t GPS (Grünroggen)
2	MG	32cbm Gülle (1/5 RG frisch; 1/5 SG im Endlager), 16t Mais, 14t Mist, 7-8t GPS (Weizen+Gerste)
3	MG	11cbm Gülle (6/11RG; 5/11 SG), 0,9t Mais, 3t Gras, 0,9t Festmist, 1,3t Getreide
4	RG	3cbm Gülle, 0,5t Festmist (Schwein), 1t Mais 1t Gras 1t GPS (Weizen)
5	RG	1cbm Gülle, 2t Mais
6	RG	3,5cbm Gülle, 3t GPS (Roggen), 0,5t Gras, 0,3t Getreide (Weizen)
7	RG	5cbm Gülle, 4t Mais, 1t Getreide (Triticale, Roggen) 0,5t Gras
8	RG	10cbm Gülle, 4t Mais, 2,5t Gras, 2t GPS (WW), 2,2t Getreide (WG)
9	RG	15cbm Gülle, 10t Mais, 2t Getreide, 4t Gras, 7t Hühnertrockenkot
10	SG	3cbm Gülle, 5t Mais
11	SG	20cbm Gülle
12	SG	10cbm Gülle, 11-12t GPS (Weizen)

Tabelle 5: Gärsubstrate zur Düngung der Sommergerste 06 (MG=Mischgülle aus Rinder- und Schweinegülle; RG=Rindergülle; SG=Schweinegülle)

Biogasanlage	Gülleart	Mengenverhältnis der vergorenen Substrate
1	MG	10cbm Gülle (1/10 RG, 9/10 SG), 2t Mais, 2t Festmist, 2t Grünroggen
2	MG	72cbm (4/5 RG, 1/5 SG), 21t Mais, 17t Festmist
3	MG	12 cbm Gülle (2/3 RG, 1/3 SG), 3t Mais, 1,8t Gras, 1,5t Festmist, 0,7t Getreide
4	RG	3cbm Gülle, Festmist 1t (Schweine), Festmist 0,5t (Rind), Gras 0,4t, Mais 2t, Speisereste 9t
5	RG	1cbm Gülle, 2t Mais
6	RG	5cbm Gülle, 4t Mais, 0,7t Getreide (WW)
7	RG	4cbm Gülle, 8t Mais, 1t Getreide(Roggen),
8	RG	11cbm Gülle, 16tMais, 1tGras,
9	RG	10cbm Gülle, 3t Getreide,15t Mais, 4t Gras,
10	SG	3cbm Gülle, 4t Mais, 1t Festmist
11	SG	20cbm Gülle
12	SG	2cbm Gülle, 15 t Mais, 1,5t Weizen

Bei den Gülle- und Gärsubstratproben wurden die Gesamtstickstoff-, Ammonium- und Nitratgehalte, sowie die Gehalte an organisch gebundenem Stickstoff, die OTS Gehalte und die jeweiligen pH-Werte bestimmt. Zusätzlich wurden die pflanzenverfügbaren Anteile der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor der Güllen und Gärsubstrate analysiert. Bei allen Input- und Outputmaterialien wurden darüber hinaus die Gesamtgehalte der Nährstoffe P, K und Mg, die Konzentrationen der Schwermetalle Cd, Cu,

Cr, Zn, Ni und Pb, sowie das C/N-Verhältnis bestimmt. Die Antibiotika wurden nur bei den Schweinegülle und den entsprechenden Gärsubstraten untersucht, da bei den Rindergülle keine Antibiotika zu erwarten waren.

Nach der Düngung der Versuchsgefäße wurde die restliche Gülle in 250ml-Polyflaschen eingefroren (-18°), um eine weitere Vergärung, Stickstoffverluste oder mikrobielle Umwandlungsprozesse zu verhindern und somit gleiche Gehalte bei den späteren Düngegaben zu gewährleisten.

5 Gefäßversuch

Der Gefäßversuch wurde im Gewächshaus der Universität Trier durchgeführt. Als Versuchsgefäße dienen Kick-Brauckmann-Gefäße (Inhalt 8l) mit einer Oberfläche von jeweils $0,038\text{m}^2$. Am unteren Rand der Gefäße befand sich jeweils ein Auslass mit einem Plastikschlauch, um eventuell anfallendes Sickerwasser in 250ml-Polyflaschen zu leiten (siehe Abbildung 1).

Am Boden wurden die Gefäße mit Gaze (2mm Maschenweite) ausgelegt (siehe Abbildung 2). Darüber wurde eine 5cm mächtige Drainageschicht aus einem Sand-Kies-Gemisch eingefüllt (siehe Abbildung 3).



Abbildung 1: Kick-Brauckmann-Gefäße für den durchgeführten Gefäßversuch im Gewächshaus



Abbildung 2: Gaze als Bodenbedeckung für die Versuchsgefäße mit 2mm Maschenweite



Abbildung 3: Drainageschicht aus einem Sand-Kies-Gemisch am Boden der Versuchsgefäße

Die restlichen 15cm der Gefäße wurden mit Boden aufgefüllt. Dieser stammte aus den obersten 30cm eines Ap-Horizontes von einer Ackerfläche in der Nähe der Ortschaft Föhren (bei Trier). Es handelte sich hierbei um einen mittel tonigen Schluff (Ut3) aus Löß mit einem pH-Wert von 5,8. Vor der Befüllung der Gefäße wurde der luftgetrocknete Boden auf 5mm gesiebt. Hierdurch wurde eine ausreichende Homogenisierung des Bodens erzielt, ohne die Struktur zu zerstören. Für jede angepflanzte Frucht wurde neues Bodenmaterial verwendet.

Vor der Initialdüngung wurden die befüllten Gefäße mit einem Liter Wasser befeuchtet, damit eine angemessene Bodenfeuchte für die anzubauende Frucht gewährleistet war. Am darauf folgenden Tag wurde die Initialdüngung aufgebracht und in die obersten 10cm des Bodenmaterials eingearbeitet. Die Aussaatmenge richtete sich nach der Erzeugerempfehlung. Die aufgebrachten Mengen an Gärsubstrat orientierten sich an der guten fachlichen Praxis. Bei der Düngung mit den Gärsubstraten wurde der Mittelwert der Ammoniumstickstoffkonzentration ($\text{NH}_4\text{-N/g}$ trockenem Gärsubstrat) der jeweiligen verschiedenen Güllearten als Basis für die aufzubringende Menge herangezogen (siehe Tabelle 5, 6, 7 und 8).

Den neun untersuchten Mischgüllen und den entsprechenden Gärsubstraten werden der Einfachheit halber folgende Nummern zugeteilt:

- 101 \Rightarrow MG mit Mais und Mist
- 102 \Rightarrow MG mit Mais und Ganzpflanzensilage
- 103 \Rightarrow MG mit Mais, Mist und Grünroggen
- 201 \Rightarrow MG mit Mais, Mist und Gras
- 202 \Rightarrow MG mit Mais und Gras

- 203 ⇒ MG mit Mais und Mist
- 301 ⇒ MG mit Mais, Mist, Gras und Getreide
- 302 ⇒ MG mit Mais, Mist, Gras und Getreide
- 303 ⇒ MG mit Mais, Mist, Gras und Getreide

Den sechzehn untersuchten Rindergüllen und den entsprechenden Gärsubstraten wurden der Einfachheit halber folgende Nummern zugeteilt:

- 401 ⇒ RG mit Mais
- 402 ⇒ RG mit Mais und Getreide
- 403 ⇒ RG mit Mais
- 501 ⇒ RG mit Mais und Gras
- 502 ⇒ RG mit Gras, Getreide und Ganzpflanzensilage (GPS)
- 503 ⇒ RG mit Mais
- 601 ⇒ RG mit Mais und Getreide
- 602 ⇒ RG mit Mais, Gras und Getreide
- 603 ⇒ RG mit Mais und Getreide
- 701 ⇒ RG mit Mais, Gras und Ganzpflanzensilage (GPS)
- 702 ⇒ RG mit Mais, Gras, Getreide und Ganzpflanzensilage (GPS)
- 703 ⇒ RG mit Mais und Getreide
- 802 ⇒ RG mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot
- 803 ⇒ RG mit Mais und Gras
- 902 ⇒ RG mit Mais, Gras und Püree
- 903 ⇒ RG mit Mais, Gras und Getreide

Den neun untersuchten Schweinegüllen und den entsprechenden Gärsubstraten werden der Einfachheit halber folgende Nummern zugeteilt:

- 1001 ⇒ SG mit Mais
- 1002 ⇒ SG mit Mais
- 1003 ⇒ SG mit Mais und Mist
- 1101 ⇒ SG
- 1102 ⇒ SG
- 1103 ⇒ SG
- 1201 ⇒ SG mit Mais und Getreide
- 1202 ⇒ SG mit Mais und GPS
- 1203 ⇒ SG mit Mais und Getreide

Tabelle 6: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Sommergerste 2005

Gärsubstrat	Gülleart	NH ₄ -N (mg/g TS)	Aufzubringende Menge ¹⁾	Mittelwert je Gülleart
101	MG	35,76	5,84	5,73
201	MG	41,7	5,01	
301	MG	32,93	6,34	
401	RG	35,65	5,86	5,82
501	RG	44,5	4,69	
601	RG	30,27	6,90	
701	RG	35,68	5,85	
1001	SG	104,78	1,99	2,77
1101	SG	101,37	2,06	
1201	SG	49,15	4,25	

¹⁾Trockensubstanz (mg) bei 60 kg NH₄-N/ha

Tabelle 7: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Zwischenfrucht (Ölrettich) 2005

Gärsubstrat	Gülleart	NH ₄ -N (mg/g TS)	Aufzubringende Menge ¹⁾	Mittelwert je Gülleart
102	MG	43,97	4,75	5,40
202	MG	31,99	6,53	
302	MG	42,47	4,92	
402	MG	44,37	4,71	
502	RG	45,77	4,56	5,40
602	RG	24,99	8,36	
702	RG	37,75	5,53	
802	RG	36,81	5,67	
902	RG	58,33	3,58	
1002	SG	74,79	2,79	2,88
1102	SG	118,62	1,76	
1202	SG	50,91	4,10	

¹⁾Trockensubstanz (mg) bei 60 kg NH₄-N/ha

Tabelle 8: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Winterweizen 2005/06

Gärsubstrat	Gülleart	NH ₄ -N (mg/g TS)	Aufzubringende Menge ¹⁾	Mittelwert je Gülleart
102	MG	43,97	5,54	6,30
202	MG	31,99	7,61	
302	MG	42,47	5,74	
402	MG	44,37	5,49	
502	RG	45,77	5,32	6,30
602	RG	24,99	9,75	
702	RG	37,75	6,45	
802	RG	36,81	6,62	
902	RG	58,33	4,18	
1002	SG	74,79	3,26	3,37
1102	SG	118,62	2,05	
1202	SG	50,91	4,78	

¹⁾Trockensubstanz (mg) bei 60 kg NH₄-N/ha

Tabelle 9: Aufzubringende Menge an Gärsubstraten beim Versuch Sommergerste 2006

Gärsubstrat	Gülleart	NH ₄ -N (mg/g TS)	Aufzubringende Menge ¹⁾	Mittelwert je Gülleart
103	MG	59,48	3,51	4,50
203	MG	32,99	6,33	
303	MG	52,33	3,99	
403	MG	40,78	5,12	
503	RG	43,27	4,83	4,47
603	RG	42,40	4,93	
703	RG	26,16	7,98	
803	RG	28,28	7,38	
903	RG	93,31	2,24	
1003	SG	89,78	2,33	2,65
1103	SG	100,34	2,08	
1203	SG	46,65	4,48	

¹⁾Trockensubstanz (mg) bei 70 kg NH₄-N/ha

Jede Variante wurde mit vierfacher Wiederholung geprüft. Mit handelsüblichem mineralischen NPK-Dünger (4,5% NO_3 ; 9,5% NH_4 ; 10% P_2O_5 ; 16% K_2O ; 5% S) wurde eine Kontrolle zum Vergleich, mit ebenfalls mit vier Wiederholungen, gedüngt. Auch hierbei bildete der anrechenbare NH_4 -N-Gehalt die Basis für die aufzubringende Menge. Die Aussaat der jeweiligen Frucht erfolgte im Anschluss an die Initialdüngung.

5.1 Sommergerste 2005

Die Düngung der Sommergerste (Sorte Auriga) 2005 erfolgte initial und während der Bestockung in zwei Gaben mit jeweils 60 kg N/ha. Die Initialdüngung wurde dabei manuell in die obersten 10cm des Bodens eingemischt. Die folgende Düngung wurde als Kopfdüngung aufgebracht, um den bereits entwickelten Pflanzenbestand nicht zu schädigen. Aussaattermin der Sommergerste war der 24.05.2005 (12 Körner/Gefäß), geerntet wurde nach der Totreife (10 Wochen Vegetationszeit) (siehe Abbildung 5). Hier, aber auch bei allen folgenden Gefäßversuchen, wurde nach der Ernte künstlich Sickerwasser erzeugt und über die an den Versuchsgefäßen befestigten Schläuche in Polyflaschen (250ml) aufgefangen (siehe Abbildung 18 und 19). Durch die extremen Temperaturen im Sommer 2005 und einem gleichzeitig starken Blattlausbefall fiel die Ernte insgesamt sehr gering aus, so dass hier die Ernteparameter nicht als repräsentativ angesehen werden können. Daher wurde im darauf folgenden Sommer erneut Sommergerste gepflanzt.



Abbildung 4: Bestockung der Sommergerste 2005 des Gefäßversuchs im Gewächshaus



Abbildung 5: Sommergerste 2005 kurz vor der Totreife im Gewächshaus

5.2 Zwischenfrucht (Ölrettich) 2005

Menge und Art der eingesetzten Kofermente in den untersuchten Biogasanlagen waren nicht konstant, so dass sich die Gärsubstrate der jeweiligen Anlagen in ihrer Zusammensetzung zwischen den einzelnen Gefäßversuchen unterschieden (siehe Tabelle 2 und 3).

Die Zwischenfrucht (Ölrettichsorte Ikarus) wurde am 01.09.2005 eingesät (8 Körner/Gefäß) und nur einmal (initial) mit 60 kg N/ha gedüngt. Die Ernte erfolgte, nachdem der Stickstoffvorrat aufgebraucht war (nach ca. 8 Wochen). Nach der Ernte wurde auch hier Sickerwasser erzeugt und zu Analysezzwecken in Polyflaschen aufgefangen.



Abbildung 6: Zwischenfrucht Ölrettich 2005 des Gefäßversuchs im Gewächshaus



Abbildung 7: Zwischenfrucht Ölrettich 2005 kurz vor der Ernte im Gewächshaus

5.3 Winterweizen 2005/06

Ölrettich und Winterweizen wurden im Zuge des Gefäßversuchs mit den gleichen Gärsubstraten gedüngt.

Die Aussaat des Winterweizens (Sorte Ludwig) erfolgte am 14.12.2005 (15 Körner/Gefäß). Die Initialdüngung von 70 kg N/ha wurde ebenfalls in die obersten 10cm des in den Versuchsgefäßen befindlichen Bodens manuell eingearbeitet. Im Laufe der Vegetationsperiode wurden zwei weitere Düngegaben aufgebracht (jeweils 70 kg N/ha), eine zum Schossbeginn und eine zu Beginn des Ährenschiebens. Geerntet wurde nach der Totreife am 19.06.06 (27 Wochen Vegetationszeit).



Abbildung 8: Winterweizen 05/06 1-Blatt-Stadium im Gewächshaus



Abbildung 9: Winterweizen 05/06 zur Zeit der Bestockung



Abbildung 10: Winterweizen 05/06 zur Zeit des Ährenschiebens



Abbildung 11: Winterweizen 05/06 zur Zeit der Totreife

5.4 Sommergerste 2006

Die Düngung der Sommergerste (Sorte Braemar) 2006 erfolgte in zwei Gaben mit jeweils ca. 60 kg N/ha und zwar initial und zur Bestockung. Die Initialdüngung wurde dabei manuell in die obersten 10cm des Bodens eingemischt. Die folgende Düngung wurde als Kopfdüngung aufgebracht, um den bereits entwickelten Pflanzenbestand nicht zu schädigen. Aussattermin der Sommergerste war der 31.03.2006 (12 Körner/Gefäß) und geerntet wurde nach der Totreife am 04.07.2006 (13 ½ Wochen Vegetationszeit) (siehe Abbildung 15).



Abbildung 12: Sommergerste 2006 zur Zeit des Zweiblattstadiums



Abbildung 13: Sommergerste 2006 zur Zeit der Bestockung



Abbildung 14: Sommergerste 2006 zur Zeit des 2-Knoten-Stadiums



Abbildung 15: Sommergerste 2006 zur Zeit der Totreife

6 Methoden und Analysen

6.1 Probennahme

6.1.1 Gülle und Gärrückstände

Die Frischgülleproben wurden mit einem Eimer direkt aus den Güllegruben gezogen. Die Proben der Gärrückstände wurden mit Hilfe eines Eimers aus dem Überlauf des Fermenters bzw. direkt aus dem Endlager entnommen. Der Transport erfolgte in handelsüblichen 5l-Benzinkanistern. Die Proben wurden anschließend in Polyflaschen (250ml) überführt und bei -18°C eingefroren (siehe Abbildung 16).



Abbildung 16: Gefrorene Gülleproben in 5l-Benzinkanistern und als „portionierte“ Düngegaben in 250ml Polyflaschen

6.1.2 NAWARO

Eine Mischprobe der silierten NAWARO's wurde vor Ort aus den Depots entnommen und bei +4°C gelagert.

6.1.3 Bodenproben

Aus den Versuchsgefäßen wurde nach der Ernte und der Erzeugung von Sickerwasser jeweils eine repräsentative Beutelprobe aus den oberen 10 cm entnommen (siehe Ab-

bildung 17) und den anstehenden Analysen entsprechend präpariert. Vor Beginn jedes Versuchs wurde eine Mischprobe aus allen Gefäßen auf die relevanten Parameter hin untersucht, um die Ausgangsdaten des verwendeten Bodens zu erhalten.



Abbildung 17: Entnahme einer Beutelprobe aus den obersten 10cm der Versuchsgefäße

6.1.4 Sickerwasserproben

Nach der Ernte wurde eine definierte Menge (1 Liter) Wasser auf die Versuchsgefäße aufgebracht und das über den Schlauch der Gefäße (siehe Abbildung 18 und 19) austretende Sickerwasser in Polyflaschen (250ml) aufgefangen.



Abbildung 18: Künstliche Sickerwassererzeugung im Gefäßversuch nach der Ernte



Abbildung 19: Auffangen des Sickerwassers am Boden der Gefäße

6.1.5 Ernte

Die Ernte der gepflanzten Früchte erfolgte manuell mit einem Messer. Die Pflanzen wurden möglichst nahe an der Bodenoberfläche abgeschnitten. Bei den Getreidefrüchten wurden Stroh und das entsprechende Korn separat geerntet.

6.2 Chemische Analysen

Die chemischen Untersuchungsmethoden der einzelnen Komponenten wie Boden, Gülle, Gärsubstrat, NAWARO, Ackerfrucht und Sickerwasser orientierten sich an den VDLUFA- Verbrauchsmethoden (siehe Tabelle 10 und 11). Bodenmikrobiologische Methoden sind ALEF & NANNIPIERI (1995) entnommen. Der Nachweis von Antibiotika in Schweinegülle und den entsprechenden Gärsubstraten, sowie die mit den Schweinegüllegärsubstraten gedüngten Böden erfolgte nach BLACKWELL et. al. (2002).

Tabelle 10: Untersuchte Parameter für den Boden, die Gülle, das Gärsubstrat mit den entsprechenden Methoden

Probenmaterial	untersuchter Parameter	Methode
Boden	pflanzenverfügbare Nährstoffgehalte P, K, Mg	CAL-Methode (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	Ammonium, Nitrat	N-Min (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	Corg, C-gesamt, N-gesamt	trockene Veraschung (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	pH-Wert	potentiometrisch (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	Humusqualität (C-hwl)	VDLUFA-Methodenbuch
Boden	organische Schadstoffe	VDLUFA-Methodenbuch
Boden	Schwermetalle (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn)	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	Netto-N-Umsatz	Inkubation (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	alkalische Phosphataseaktivität	Inkubation (VDLUFA-Methodenbuch)
Boden	Antibiotika	Extraktionsmethode nach Blackwell et. al.
Gülle und Gärsubstrat	Schwermetalle (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn)	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)
Gülle und Gärsubstrat	N-gesamt, Ammonium, Nitrat	Kjeldahl-Aufschluss
Gülle und Gärsubstrat	pH-Wert	potentiometrisch (VDLUFA-Methodenbuch)
Gülle und Gärsubstrat	C-gesamt, OTS	Vermuffeln (600°C)
Gülle und Gärsubstrat	P-,K-, Mg-gesamt	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)

Tabelle 11: Untersuchte Parameter für die Gülle, das Gärsubstrat, die NAWARO's, die Ackerfrucht und das Sickerwasser mit den entsprechenden Methoden

Probenmaterial	untersuchter Parameter	Methode
Gülle und Gärsubstrat	organische Schadstoffe	VDLUFA-Methodenbuch
Gülle und Gärsubstrat	Antibiotika	Extraktionsmethode nach BLACKWELL et. al.
NAWARO	C-gesamt, N-gesamt	trockene Veraschung (VDLUFA-Methodenbuch)
NAWARO	P-,K-, Mg-gesamt	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)
NAWARO	Schwermetalle (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn)	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)
Ackerfrucht	Schwermetalle (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn)	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)
Ackerfrucht	C-gesamt, N-gesamt (Proteingehalt)	trockene Veraschung (VDLUFA-Methodenbuch)
Ackerfrucht	P-,K-, Mg-gesamt	Druckbombenaufschluss (VDLUFA-Methodenbuch)
Sickerwasser	Nitrat	N-Min (VDLUFA-Methodenbuch)
Sickerwasser	DOC	VDLUFA-Methodenbuch

6.3 Weitere Analysen

6.3.1 Biomasse/ Ertrag

Nach der Ernte wurde die oberirdische Biomasse gewogen, bei 105°C getrocknet und danach erneut gewogen um den Wassergehalt zu berücksichtigen. Bei den Getreidefrüchten (Sommergerste, Winterweizen) wurden außerdem die Körner manuell aus den getrockneten Ähren gesammelt (siehe Abbildung 20), um den „Kornertrag“ zu ermitteln. Aus den ermittelten Stickstoff-Gehalten des jeweiligen Korns wurde der Proteingehalt berechnet.



Abbildung 20: Manuelle Sammlung der Körner aus den geernteten Ähren der Sommergerste 2005

6.4 Vorgehensweise bei der Bilanzierung der Stickstoffzufuhr durch Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft und durch Biogasgülle

Die Stickstoffzufuhr durch betriebseigenen Wirtschaftsdünger berechnete sich durch die Multiplikation der Anzahl der unterschiedlichen Tierarten mit den spezifischen Nährstoffausscheidungen (LPP 2000).

Neben dem betriebseigenen Wirtschaftsdünger wurde ggf. auch noch die Stickstoffmenge durch Wirtschaftsdüngerzukauf ermittelt. Falls vorhanden wurden Analysenwerte herangezogen, anderenfalls wurde auf die Daten der LPP (2000) zurückgegriffen.

Zur Ermittlung der Stickstoffzufuhr durch Biogasgülle wurde die Stickstoffmenge der Ausgangssubstrate ermittelt. Diesem Vorgehen wurde der Vorzug gegeben, da sich die Menge der Ausgangssubstrate belastbarer abschätzen ließ, als die Menge der Biogasgülle. Diese Vorgehensweise ist zulässig, da sich die Stickstofffracht während der Vergärung nicht signifikant verändert.

Die Stickstoffverluste wurden sowohl nach den Vorgaben der bisher gültigen Düngerverordnung, wie auch nach den Vorgaben der am 14.01.2006 in Kraft getretenen Verordnung ermittelt.

6.5 Statistische Auswertung

Zur Aufbereitung der Daten sowie zur statistischen Auswertung wurden die Software Microsoft Excel und das Statistikprogramm SPSS 13.0 angewandt.

Zum Test auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test genutzt (vgl. SACHS 2004). Durch die Abweichung von der Normalverteilung der Daten beschränkte sich die statistische Auswertung auf verteilungsfreie bzw. parameterfreie Tests. Diese Tests stellen keine Anforderungen an die Form der Verteilung, sind allerdings auch weniger wirksam Unterschiede als signifikant aufzudecken (MÜHLENBERG 1993:292).

Zum Vergleich unabhängiger Stichproben mit nicht normalverteilten Daten wurde der von Nemenyi vorgeschlagene Rangtest durchgeführt. Außerdem wurden für den Gesamtdatensatz aller Parameter Rang-Korrelations-Koeffizienten nach SPEARMAN errechnet, um die korrelativen Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern zu extrahieren.

7 Ergebnisse des Güllescreenings

Eventuell bestehende Unterschiede zwischen den Güllen und den entsprechenden Gärrückständen wurden durch die aufgeführte Methodik untersucht. Die Übereinstimmung mit den Literaturangaben wurde ebenfalls geprüft. Außerdem wurde geschaut, inwieweit sich die verwendeten NAWARO's auf die Nähr- und Schadstoffgehalte des Gärsubstrates auswirken. Darüber hinaus galt es zu klären, welche Faktoren dabei ausschlaggebend sind. Zu diesem Zweck wurden 16 Gärsubstrate aus Rinder-, neun Gärsubstrate aus Schweine- und neun Gärsubstrate aus Mischgülle auf verschiedene Parameter untersucht und statistisch ausgewertet. Da nach dem Stand der Wissenschaft nur bei den Schweinegüllevarianten Antibiotika zu erwarten waren, wurden auch nur an diesen die entsprechenden Untersuchungen durchgeführt. Gleiches gilt für die entsprechenden Bodenproben aus den Gefäßversuchen.

7.1 Mischgülle

Trockensubstanzgehalte

Die Trockensubstanzgehalte der Mischgülle variierten sehr stark und lagen zwischen 1,59 (Variante 102) und 11,8 Gew.-% (Variante 301). Daher verwundert es auch nicht, dass die Trockensubstanzgehalte der untersuchten Gärsubstrate aus Mischgülle relativ weit streuten (siehe Anhangtabelle 1). So lag der niedrigste Wert hier bei 3,9 Gew.-% (MG, Mais, Mist, Grünroggen) und der höchste bei 8,21 Gew.-%. Auch beim Vergleich der Frischgülle zu den entsprechenden Gärsubstraten war kein Trend auszumachen. So traten sowohl Anstiege (Variante 102 und eine der Varianten Variante 101) als auch Reduzierungen des Trockensubstanzgehaltes im Zuge der Vergärung auf. Auffallend war die Tatsache, dass die drei untersuchten Varianten mit den Kosubstraten Mais, Mist, Gras und Getreide, die alle aus einer Anlage stammten, die höchsten Trockensubstanzgehalte der Frischgülle aufwiesen, die Gärsubstrate allerdings nicht. Die Veränderung der Trockensubstanzgehalte von Frischgülle zu Gärsubstrat bei diesen Varianten beschrieb eine 50- 60%ige Abnahme.

Die Trockensubstanzgehalte der Gärsubstrate der Mischgülle mit den Kosubstraten Mais und Mist waren sehr ähnlich (6,09 und 6,77 Gew.-%). Dies ist recht erstaunlich betrachtet man die entsprechenden Frischgülle dieser Gärsubstrate. Hier fällt auf, dass sich die Trockensubstanzgehalte der beiden entsprechenden Frischgülle um 30% unterschieden. Auch die Entwicklung der Trockensubstanzgehalte dieser beiden Varianten war unterschiedlich. So stieg er bei einer der Varianten um 30% an, wohingegen der Trockensubstanzgehalt um 7% absank (siehe Anhangtabelle 1).

pH-Werte

Die pH-Werte der Frischgülle (7 bis 8,43) ebenso wie die der entsprechenden Gärsubstrate (8,15 bis 8,63) aus Mischgülle lagen ausnahmslos im neutralen bis leicht alkalischen Bereich. Betrachtet man die Entwicklung der pH-Werte der Frischgülle mit denen der entsprechenden Gärsubstrate, so fällt auf, dass nur ein leichter Anstieg zu verzeichnen ist (um maximal 8%).

Die Variante 101 wies den niedrigsten pH-Wert auf und unterschied sich signifikant von alle anderen Varianten mit Ausnahme zweier Kombinationen mit Mais, Mist, Gras und Getreide.

Die Tatsache, dass die beiden Varianten mit Mais und Mist signifikant unterschiedlich waren und auch signifikante Unterschiede bei den Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide auftraten, lässt darauf schließen, dass die Kosubstrate hier keinen eindeutigen Effekt haben.

Darüber hinaus bleibt die Frage offen, ob all die signifikanten Unterschiede auf Grund der Tatsache, dass die Unterschiede der pH-Werte der Gärsubstrate insgesamt doch eher gering sind (siehe Anhangtabelle 1), überhaupt von Bedeutung sind.

Gehalte des organischen Kohlenstoffes

Die OTS-Gehalte der Mischgülle schwankten zwischen 57,4 und 84,5 Gew.-%. Die Gärsubstrate wiesen OTS Gehalte zwischen 65,8 und 78,2 Gew.-% auf. Vergleicht man die Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten so fällt auf, dass sieben von neun Varianten nach dem Zusatz von Kosubstraten und der Vergärung mehr oder weniger stark niedrigere OTS-Gehalte aufwiesen. Bei den beiden Varianten 201 und 202 blieben die OTS-Gehalte annähernd gleich. Ansonsten sanken Werte um 5-10% ab. Die einzige Ausnahme bildete die Variante 102. Hier stieg der OTS-Gehalt im Gärsubstrat merklich an (um ca. 9%) (siehe Anhangtabelle 2).

Die OTS-Gehalte der Variante 201 waren signifikant höher als alle anderen Varianten mit Ausnahme der Kombinationen 101, 302 und 303. Die Variante mit Mais und Gras (202) hatte die signifikant geringsten organischen Kohlenstoffgehalte gegenüber allen anderen Varianten abgesehen von den Kombinationen 102, 103 und 301.

Auffallend war ein signifikanter Unterschied zwischen zwei Varianten mit MG, Mais, Mist, Gras, Getreide (303 und 301).

Stickstoffgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Stickstoffgehalte in den Mischgülle variierten sehr stark (zwischen 35 und 142 mg/g). Diese breite Streuung war wahrscheinlich in dem Mengenverhältnis von Rinder- zu Schweinegülle begründet. Die Werte der entsprechenden Gärsubstrate streuten

weniger stark (zwischen 91 und 56 mg/g). Beim Vergleich der Frischgülle mit den dazu gehörigen Gärsubstraten fällt auf, dass der Stickstoffgehalt in den Gärsubstraten anstieg. Eine Ausnahme bildeten die Varianten 101 und 102, bei denen der Gehalt an Stickstoff im Gärsubstrat abnimmt. Bei der Variante 202 waren die Werte der Gülle und des Gärsubstrates annähernd gleich (siehe Anhangtabelle 1+2).

Das Gärsubstrat der Kombination 101 wies, gegenüber allen übrigen Varianten, die signifikant niedrigsten Werte auf. Ausnahmen bildeten die Varianten 202, 203, und 301.

Das Gärsubstrat der Variante 103 hatte mit 91,04 mg/g den höchsten Stickstoffgehalt der untersuchten Gärsubstrate aus Mischgülle. Es unterschied sich signifikant von den Gärsubstraten 101 und 203, 202, sowie 301 und 302 (MG, Mais, Mist, Gras, Getreide).

Auffallend ist hier, dass mit den Varianten 303 und 301 zwei Gärsubstrate mit den gleichen Kosubstraten signifikant unterschiedliche Stickstoffgehalte aufwiesen. Die beiden Varianten mit Mais und Mist wiesen keine signifikanten Unterschiede auf.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Frischsubstanz

Die Gesamtstickstoffgehalte pro Frischsubstanz der Mischgülle schwankten zwischen 2,24 und 4,93 mg/g. Die drei Mischgülle mit den höchsten Stickstoffgehalten stammten auch hier aus ein und derselben Biogasanlage.

Die Gärsubstrate der Mischgülle wiesen Stickstoffgehalte zwischen 3,54 (MG, Mais, GPS) und 5,02 mg/g (MG, Mais, Mist, Gras) auf.

Vergleicht man die Werte der Frischgülle mit denen der Gärsubstrate so fällt auf, dass bei den Varianten 303 und 302, sowie der Kombination 103 kaum eine Differenz vorzufinden war.

Um circa 11% wichen die Gehalte der Mischgülle und ihren Gärsubstraten bei den Varianten 301 und 101 voneinander ab, wobei bei ersterer der Stickstoffgehalt nach der Vergärung abnahm, und bei letzterem der Gehalt anstieg.

Die Gärsubstrate 203 und 102 wiesen gegenüber ihren Frischgülle einen Anstieg des Stickstoffgehaltes um ca. 37% auf. Den höchsten Unterschied zwischen Frisch-, und Gärgülle im Bezug auf den Stickstoffgehalt wies die Variante 202 auf (50%).

Bei der Betrachtung der Gärsubstrate untereinander zeigte die Variante 102 signifikant niedrigere Gesamtstickstoffgehalte gegenüber allen anderen Varianten mit Ausnahme der Kombinationen 101, 103, 203.

Auf der anderen Seite wies die Kombination von MG, Mais, Mist und Gras (201) den höchsten Stickstoffgehalt auf (5,02 mg/g) und war signifikant unterschiedlich zu den Varianten 101 und 203, 102, 103, 301. Die verschiedenen Kombinationen mit Mais und Mist, sowie die Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide unterschieden sich nicht signifikant.

Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Ammoniumgehalte der Trockensubstanz der untersuchten Mischgülle schwankten zwischen 14,88 (302; MG, Mais, Mist, Gras, Getreide) und 114,26 mg/g (102; MG, Mais, GPS). Die Werte der Gärsubstrate wiesen wesentlich geringere Schwankungen auf. Hier variierten die Werte zwischen 31,9 und 59,5 mg/g Trockensubstanz.

Vergleicht man die Gehalte der Mischgülle mit ihren Gärsubstraten, so stellt man fest, dass die Ammoniumgehalte der Gärsubstrate gegenüber ihren Mischgülle um 45 bis 65% anstieg. Ausnahmen bildeten die Varianten 101 bei der der Ammoniumgehalt des Gärsubstrates 30% niedriger war. Bei der Variante 202 war der Ammoniumgehalt des Gärsubstrates 57% niedriger und bei der Variante 102 sogar 165% niedriger als jener der entsprechenden Frischgülle (siehe Anhangtabelle 2).

Betrachtet man die Ammoniumgehalte der Gärsubstrate stellt man verschiedene signifikante Unterschiede fest. So hatte die Variante 303 signifikant höhere Gehalte gegenüber den Varianten 101, 202, 203 und 301.

Die Ammoniumgehalte der Variante 202 waren gegenüber allen anderen Kombinationen signifikant geringer, mit Ausnahme der beiden Varianten mit Mais und Mist und die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide (301).

Auffallend ist, dass die beiden Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide 302 und 303 signifikant höhere Werte aufwiesen als die Variante 301.

Ammoniumgehalte bezogen auf die Frischsubstanz

Die Ammoniumgehalte der Mischgülle variierten, im Vergleich zur Betrachtung der Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz, weniger stark. Sie lagen zwischen 1,06 (203 mit MG, Mais, Mist) und 2,21 mg/g (101 mit MG, Mais, Mist). Das Verhältnis der Ammoniumgehalte bezogen auf die Frischsubstanz der Mischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten war vergleichbar mit dem Trend der Gehalte bezogen auf die Trockensubstanz. Die $\text{NH}_4\text{-N}$ Gehalte aller Mischgülle lagen mehr oder weniger deutlich unter denen ihrer Gärsubstrate. Dabei wies die Variante 302 mit 47% den höchsten Anstieg auf (siehe Anhangtabelle 2).

Beim Vergleich der Gärsubstrate zeigte sich ein signifikant höherer Ammoniumgehalt der Varianten 302 und 201 gegenüber den Kombinationen 101 und 203 (beide MG, Mais, Mist), sowie gegenüber der Varianten 102, 103, und 301. Die signifikant niedrigsten Ammoniumgehalte wies mit 1,99 mg/g Frischsubstanz die Variante mit Mais und GPS auf (201).

Auffallend ist, dass eine der Varianten mit Mais, Mist, Gras, Getreide (301) signifikant niedrigere Werte gegenüber den anderen beiden aufwies.

C/N-Verhältnisse

Die C/N-Verhältnisse der Mischgülle schwankten zwischen 12,47 (Variante 102) und 35,54 (Variante 101). Die C/N-Verhältnisse der dazugehörigen Gärsubstrate variierten zwischen 11,14 (Variante 302) und 33,5 (abermals Variante 101). Die Variante 101 wies bei der Frischgülle als auch bei dem Gärsubstrat mit Abstand die weitesten C/N-Verhältnisse auf.

Die C/N-Verhältnisse der Frischgülle wiesen bei allen Varianten weitere Spannen auf als ihre entsprechenden Gärsubstrate. Einzige Ausnahmen stellten die Kombinationen 102 und 202 dar. Hier waren die C/N-Verhältnisse der Frischgülle enger als die der entsprechenden Gärsubstrate.

Beim Vergleich der Gärsubstrate miteinander fällt auf, dass die Variante mit MG, Mais und Mist (101) die weitesten C/N-Verhältnisse aufwies (siehe Anhangverzeichnis 2 27). Die Kombination 101 hatte ein signifikant weiteres C/N-Verhältnis als die Varianten 103, 201, 203, 301, und 302. Das engste C/N-Verhältnis mit 11,14 hatte die Kombination 302. Zudem war es im Vergleich signifikant enger als jenes aller anderen Varianten mit Ausnahme der Varianten 103 und 201.

Auffallend ist, dass sich das C/N-Verhältnis der Variante 303 signifikant von denen der anderen Varianten mit MG, Mais, Mist, Gras, Getreide (302 und 301) unterschieden.

Weiterhin fällt auf, dass sich die beiden Varianten mit MG, Mais und Mist im Hinblick auf das C/N-Verhältnis signifikant unterschieden.

Cadmiumgehalte

Die Cadmiumgehalte der Frischgülle schwankten zwischen 0,1 und 0,66 mg/kg. Dabei wies die Variante 202 (MG, Mais, Gras) die mit Abstand höchsten Gehalte auf. Bei den Gärsubstraten schwankten die Gehalte an Cadmium zwischen 0,16 und 0,52 wobei hier die Kombination 103 die höchsten Werte aufwies.

Beim Vergleich der Frischgülle und den dazugehörigen Gärsubstraten fällt auf, dass die Cadmiumgehalte in den Gärsubstraten sowohl anstiegen als auch absanken. Hierbei war der stärkste Anstieg bei der Variante 103 zu verzeichnen. Die deutlichste Abnahme der Cadmiumkonzentration wurde bei der Variante 202 beobachtet.

Signifikant höhere Werte ergaben sich zwischen der Variante 103 und den Varianten 201, 301, 302, 303 und 101, die alle geringere Cadmiumgehalte aufwiesen. Auf der anderen Seite wiesen die Kombinationen 201 und 302 die niedrigsten Cadmiumgehalte auf. Diese waren signifikant niedriger als alle anderen untersuchten Varianten mit Ausnahme von Variante 101, 201, 302 und 303 (siehe Anhangtabelle 4).

Bleigehalte

Die Bleigehalte der Mischgülle lagen zwischen 0,99 (Variante 301) und 4,87 mg/kg (Variante 202). Die Spanne der Bleigehalte lag bei den Gärsubstraten zwischen 1,48 (Variante 101) und 6,97 mg/kg (Variante 302).

Die Gärsubstrate wiesen generell höhere Bleigehalte auf als ihre entsprechenden Frischgülle. Ausnahmen bildeten hier die Varianten 102, 202 und 303 (siehe Anhangtabelle 4). Die höchste Differenz war bei der Variante 302 zu verzeichnen.

Beim Vergleich der Gärsubstrate untereinander wies die Variante 302 die höchsten Bleigehalte auf, welche von allen anderen Kombinationen signifikant unterschiedlich waren. Ausnahmen bildeten die Bleigehalte der Varianten 103, 203 und 303. Die niedrigsten Werte wies die Variante 101 mit 1,48 mg/kg auf. Damit unterschied sie sich signifikant von den Kombinationen 103, 202, 203, 302 und 303.

Hier fällt auf, dass sich die Bleigehalte der beiden Varianten mit Mais und Mist signifikant unterschieden. Ähnlich verhält es sich mit den Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide. Hier wiesen die Kombinationen 302 und 303 signifikant höhere Bleigehalte auf als die Variante 301.

Nickelgehalte

Die Nickelgehalte der untersuchten Mischgülle schwankten zwischen 4,41 mg/kg (Variante 203) und 10 mg/kg (Variante 202). Die Nickelgehalte der entsprechenden Gärsubstrate schwankten hingegen zwischen 6,28 mg/kg (Variante 102) und 10,80 mg/kg (Variante 201) (siehe Anhangtabelle 4).

Bei sechs der neun Varianten war ein mehr oder weniger starker Anstieg der Nickelgehalte in den Gärsubstraten zu verzeichnen. Ausnahmen bildeten hier die Kombinationen 102 und 202, wo eine Reduktion des Nickelgehaltes im Gärsubstrat gegenüber dem in der Frischgülle festzustellen war. Bei der Variante 303 war hingegen kaum ein Unterschied der Gehalte zu erkennen. Die größten Unterschiede zwischen Frischgülle und Gärsubstrat zeigten die Varianten 201 und 203, wo jeweils ein Anstieg um 101% bzw. 76% zu verzeichnen war.

Beim Vergleich der Nickelgehalte der untersuchten Gärsubstrate aus Mischgülle zeigte die Variante 102 die niedrigsten Gehalte und unterschied sich damit signifikant von allen anderen Varianten mit Ausnahme der Kombinationen 202, 203, sowie zwei der Varianten mit Mais, Mist, Gras, Getreide (302 und 303). Im Gegensatz dazu waren die höchsten Nickelgehalte beim Gärsubstrat mit Mais, Mist und Gras (Variante 201) aufgetreten, welche signifikant höher waren als die Werte der Varianten 102, 202, 203, 301 und 303.

Außerdem fällt auf, dass die beiden Varianten mit Mais und Mist (101 und 203) signifikant unterschiedliche Nickelgehalte zeigten.

Zinkgehalte

Die Zinkgehalte der untersuchten Mischgülle, aber auch die Zinkgehalt der entsprechenden Gärsubstrate variierten erheblich. So lagen diese bei den Frischgülle zwischen 134 mg/kg und 770 mg/kg und bei den Gärsubstraten zwischen 236 mg/kg und 600 mg/kg (siehe Anhangtabelle 4).

Beim Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten fiel auf, dass kein einheitlicher Trend zu erkennen war. Die Variante 301 wies z.B. nur sehr geringfügige Veränderungen auf.

Auffallend war der sehr starke Anstieg der Zinkgehalte in den Varianten 201 und 103, bei denen eine Verdoppelung aufgetreten war. Auf der anderen Seite sanken die Gehalte in den Gärsubstraten der Varianten 101 und 202 extrem stark ab.

Die geringsten Gehalte wies die Variante 301 auf. Diese waren signifikant geringer als jene der übrigen Varianten mit Ausnahme der Kombinationen 102, 203 und 303. Auf der anderen Seite waren die Zinkgehalte der Variante 103 die höchsten. Sie unterschieden sich signifikant von denen der anderen Varianten. Sonderfälle bildeten hier die Gärsubstrate der Varianten 101, 201 und 302.

Auffallend ist darüber hinaus, dass die Varianten mit, Mais und Mist signifikant unterschiedliche Zinkgehalte aufwiesen. Auch die Zinkgehalte zweier Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide (301 und 303) unterschieden sich signifikant von denen der dritten untersuchten Variante (302).

Chromgehalte

Die Chromgehalte der Mischgülle lagen zwischen 4,2 mg/kg (Variante 203) und 18,8 mg/kg (Variante 202). Bei den entsprechenden Gärsubstraten schwankten die Werte nur zwischen 2,9 mg/kg (Variante 203) und 10,1 mg/kg (Variante 101). Beim Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten fällt auf, dass die Chromgehalte in den Gärrückständen in sechs Fällen anstieg. Die übrigen drei Varianten zeigten ein gegenteiliges Bild, wobei sich der Chromgehalt in den Gärsubstraten gegenüber denen in den Frischgülle nahezu halbierte (siehe Anhangtabelle 4).

Beim Vergleich der Chromgehalte in den Gärsubstraten zeigt sich, dass die Variante mit den höchsten Gehalten (Kombination 101), sich von fünf weiteren signifikant unterschied (Varianten 102, 103, 202, 203, 303). Die Variante mit den niedrigsten Werten (Kombination 203) unterschied sich signifikant von allen anderen Kombinationen mit Ausnahme von 102, 103 und 303. Auffallend ist darüber hinaus, dass der Maximal- und Minimalwert jeweils von den beiden Varianten mit Mais und Mist verzeichnet wurde. Auch zwei der drei Varianten aus Mais, Mist Gras und Getreide (301 und 302) unterschieden sich signifikant von der dritten.

Kupfergehalte

Die Kupfergehalte in den Frischgülle und den entsprechenden Gärrückständen der untersuchten Mischgülle schwankten erheblich (zwischen 19,88 mg/kg und 219 mg/), wobei sich die Werte in den Gärsubstraten in sechs von neun Fällen verringert hatten. Ausnahmen bildeten hier die Varianten 201, 102 und 302. Die größte Reduzierung der Kupfergehalte wies die Variante mit Mais und Gras auf. Den höchsten Anstieg verzeichnete die Variante mit Mais, Mist und Gras (201). Aber auch bei der Variante mit Mais, Mist und Grünroggen verdoppelte sich der Kupfergehalt (siehe Anhangtabelle 4).

Beim Vergleich der Gärsubstrate der Mischgülle untereinander wies die Variante 301 die niedrigsten Gehalte auf und unterschied sich von allen anderen signifikant mit Ausnahme der Varianten 101, 201 und 202. Im Gegensatz dazu zeigte die Kombination mit Mais und GPS (102) den höchsten Kupfergehalt und unterschied sich damit signifikant von den übrigen Varianten, mit Ausnahme der Variante 103 und zwei der Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide (302 und 303).

Auffallend ist der signifikante Unterschied zwischen einer der Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide (301) und den übrigen beiden.

Kaliumgehalte

Die Kaliumgehalte der Frischgülle variierten erheblich (zwischen 3,6 g/100g und 17,3 g/100g Trockenmasse). Auch die Werte der Gärsubstrate wiesen beträchtlich Schwankungen auf (zwischen 5,8 g/100g und 12,3 g/100g). Beim Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärrückständen ließ sich in fast allen Fällen ein mehr oder weniger starker Anstieg des Kaliumgehaltes in den Gärsubstraten feststellen. Einzige Ausnahme bildete hier die Variante mit Mais und GPS (102). Dabei lagen die Anstiege der Kaliumgehalte in den drei Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide mit bis zu 95 % sehr hoch. Aber auch bei den Kombinationen 103 und 203 waren beachtlich höhere Kaliumgehalte in den Gärsubstraten festzustellen (ca. 55%) (siehe Anhangtabelle 3).

Betrachtet man die Gärsubstrate untereinander, so zeigte sich unter anderem ein signifikanter Unterschied der Kombination mit den niedrigsten Werten (302) zu allen übrigen Varianten mit Ausnahme der Kombinationen 101, 201 und 301. Auch die Variante mit den höchsten Kaliumgehalten in den Gärsubstraten (103) unterschied sich signifikant von allen übrigen mit Ausnahme der Varianten 102, 203, 303.

Weiterhin ist anzumerken, dass sich einer der untersuchten Gärrückstände mit Mais, Mist, Gras und Getreide (303) von den übrigen beiden signifikant unterschied.

Magnesiumgehalte

Bei den Frischgülle und den Gärrückständen der untersuchten Varianten schwankte der Magnesiumgehalt zwischen 1,0 g/100g und 2,3 g/100g Trockenmasse. Die Veränderungen der Magnesiumgehalte von Frischgülle zu Gärrückstand sind vernachlässig-

bar. Einzige Ausnahmen waren die Varianten 201 und 203, bei denen ein Anstieg von ca. 60% festzustellen war, sowie die Variante 202 bei der eine ebenso deutliche Verringerung des Magnesiumgehaltes beobachtet werden konnte (siehe Anhangtabelle 3).

Das Gärsubstrat der Variante mit den höchsten Magnesiumgehalten (302) unterschied sich signifikant von denen der Varianten 101, 201, 202, 203 und 301. Der Gärrückstand der Kombination mit den geringsten Magnesiumgehalten (301) unterschied sich signifikant von allen übrigen Varianten mit Ausnahme der Gärrückstände der Varianten 101, 202 und 203.

Auch hier fällt auf, dass die Gärsubstrate mit Mais, Mist, Gras und Getreide signifikant unterschiedlich zu einander waren.

Phosphorgehalte

Die Phosphorgehalte in den Frischgüllen schwankten mit Werten zwischen 16 mg/100g und 44 mg/100g erheblich. Die Streuung bei den entsprechenden Gärsubstraten lag hingegen nur zwischen 21 mg/g und 38 mg/g. Vergleicht man die Gehalte der Frischgüllen mit den entsprechenden Gärrückständen, so fällt auf dass die Gehalte bei allen Varianten anstiegen. Die beiden einzigen zu beobachtenden Ausnahmen waren die Varianten mit Mais und Gras sowie eine der Variante mit Mais und Mist (101). Hier war die Verringerung des Phosphorgehaltes bei der Kombination mit Mais und Gras mit 96% sehr stark. Die Anstiege der Gehalte lagen bei den meisten Varianten zwischen 50% und 75%. Die Kombinationen 301, 102 und 303 wiesen nur einen Anstieg von 10% bis 30% an Phosphor in den Gärrückständen auf (siehe Anhangtabelle 3).

Beim Vergleich der Gärsubstrate miteinander zeigte sich die Variante 302 mit den höchsten Gehalten signifikant unterschiedlich zu den Varianten 101, 201, 202 und 301. Im Gegensatz dazu war der Gärrückstand der Variante mit den geringsten Werten (202 mit Mais und Gras) zu allen übrigen Kombinationen signifikant unterschiedlich, mit Ausnahme der Kombinationen 101, 301 und 303. Auffallend ist, dass zwei Gärsubstrate der Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide signifikant niedrigere Werte aufwiesen als die dritte (302).

Phosphorgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Die Phosphorgehalte der Frischgüllen und der Gärsubstrate aus Mischgülle schwankten zwischen 0,03 und 0,35 kg/dt. Einen einheitlichen Trend zwischen den Phosphorgehalten der Frischgüllen und den Gärsubstraten war nicht auszumachen. So findet man Anstiege sowie Verringerungen des Phosphorgehaltes zwischen 40% und 60% in den Gärsubstraten. Hierbei stach die Variante 302 deutlich heraus, da sie einen Abfall des Phosphorgehaltes von mehr als 85% aufwies und gleichzeitig den geringsten Wert aller untersuchten Gärsubstrate aus Mischgülle zeigte. Diese Variante wies, im Vergleich zu den Varianten 101, 102, 201 und 301 signifikant niedrigere Phosphorgehalte auf (siehe Anhangtabelle 3).

Auf der anderen Seite zeigte die Kombination 301 die höchsten Phosphorgehalte auf. Sie war zu allen übrigen Kombinationen signifikant verschieden, mit Ausnahme der Varianten 101, 201 und 303.

Beachtenswert ist die Tatsache, dass die beiden Variante mit Mais und Mist hier signifikante Unterschiede zeigten, ebenso wie die beiden Varianten 301 und 302 (Mais, Mist, Grads und Getreide).

Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Die Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion in den Frischgülle und Gärsubstraten aus Mischgülle schwankten zwischen 0,17 kg/dt und 0,58 kg/dt. Bei dem Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärrückständen zeigte sich, dass der überwiegende Teil der untersuchten Variante einen Anstieg im Gärsubstrat gegenüber dem Gehalt in der Frischgülle verzeichnete. Dabei lag der Anstieg zwischen 30% und 50%. Herausragend war der Anstieg bei den Varianten 202 und 203, bei denen der Kaliumgehalt sich verdoppelte. Ein konträres Bild zeigte die Variante 103 (Mais, Mist und Grünroggen). Hier sank der Kaliumgehalt im Gärsubstrat im Vergleich zur Mischgülle um ca. 40% ab (siehe Anhangtabelle 3).

Beim Vergleich der Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion zeigte die Variante 203 (Mais und Mist) die höchsten Werte und ist damit signifikant unterschiedlich von den Kombinationen 101, 102, 201 und 202. Im Gegensatz dazu wies die Variante 201 (Mais, Mist, Gras) die geringsten Werte auf und war dadurch signifikant verschieden von allen übrigen Kombinationen mit Ausnahme von Variante 101, 102 und 202. Auffallend ist bei diesem Vergleich, dass die beiden Varianten mit Mais und Mist signifikant unterschiedlich Gehalte aufwiesen. Aber auch die beiden Varianten 301 und 303 (mit Mais, Mist, Gras und Getreide) waren in diesem Zusammenhang signifikant verschieden.

7.2 Rindergülle

pH-Werte

Die pH-Werte der Rindergüllen schwankten zwischen 7,1 und 9. Im Gegensatz dazu schwankten die pH-Werte der entsprechend untersuchten Gärsubstrate zwischen 7,1 und 8,6. Auffallend war ein leichter Anstieg des pH-Wertes in den Gärsubstraten mit Ausnahme der Varianten 802 und 803. Beim Vergleich der pH-Werte der Gärsubstrate zeigte sich, dass die Unterschiede eher gering und deswegen zu vernachlässigen waren. Den einzige „Ausreißer“ stellte die Kombination 601 (Mais und Getreide) dar. Diese Variante wies signifikant niedrigere Werte gegenüber allen anderen Gärrückständen auf, mit Ausnahme der Varianten 401, 602, 603 und 701 (siehe Anhangtabelle 5).

Trockensubstanzgehalte

Die Trockensubstanzgehalte der Frischgülle aus Rindergülle und den dazugehörigen Gärsubstraten schwankten zwischen 3% und 16%. Hierbei fällt auf, dass der überwiegende Teil der untersuchten Varianten (elf von sechzehn) eine Reduktion des TS-Gehaltes im Gärsubstrat aufwies. Allerdings war das Maß der Reduktion nicht einheitlich. So zeigten die Varianten 802 (Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot), 803 (Mais und Gras), 401 (Mais) und 402 (Mais und Getreide) nur eine geringe Reduktion von 10% bis 20%, während die Varianten 601 (Mais und Getreide), 701 (Mais, Gras und GPS), 502 (Gras, Getreide und GPS) und 602 (Mais, Gras und Getreide) eine Verringerung des Trockensubstanzgehaltes um 25% bis 45% aufwies. Die größten Reduktionen in diesem Zusammenhang mit 60% bis 90% zeigten allerdings die beiden Varianten mit Mais (403 und 503) und die Variante 501 mit Mais und Gras. Anstiege des Trockensubstanzgehaltes zwischen 5% und 15% zeigten hingegen die zwei Varianten mit Mais und Getreide (603 und 703) sowie die Variante 902 (Mais, Mist, Gras und Püree). Den höchsten Anstieg im Gärsubstrat verzeichnete die Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) mit ca. 50%. Eine Besonderheit in diesem Zusammenhang stellte die Variante 802 dar, bei der keinerlei Veränderung im Trockensubstanzgehalt in der Frischgülle und dem dazugehörigen Gärrückstand festgestellt wurden (siehe Anhangtabelle 5).

Beim Vergleich der Trockensubstanzgehalt der untersuchten Gärsubstrate miteinander zeigte das Gärsubstrat der Variante 902 mit 11% den höchsten Wert und unterschied sich in diesem Zusammenhang signifikant von allen übrigen Varianten mit Ausnahme der Gärrückstände der Varianten 403, 602, 603 und 703 (beide Mais und Getreide) und 802.

Im Gegensatz dazu zeichnete sich die Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) durch den, im Vergleich zu den übrigen Gärsubstraten aus Rindergülle, signifikant niedrigsten Wert aus. Die Werte der Varianten 401 und 503 (beide Mais), sowie 501, 502 und 601 waren hingegen zwar niedriger als jener der Variante 903, allerdings nicht signifikant.

Weiterhin fällt beim Vergleich der Trockensubstanzgehalt der Gärsubstrate aus Rindergülle auf, dass sich auch die Gehalte der beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide (602 und 903), sowie jene der beiden Varianten mit Mais und Gras (501 und 803) untereinander signifikant voneinander abgrenzten. Außerdem zeigte eine der Varianten mit Mais (403) signifikant höhere Trockensubstanzgehalte als die beiden übrigen (401 und 503).

Gehalte des organischen Kohlenstoffs

Die Gehalte des organischen Kohlenstoffs in den untersuchten Rindergüllen lagen zwischen 75% und 85%. Bei den entsprechenden Gärsubstraten schwankte der Gehalt zwischen 63% und 97%. Vergleicht man die Gehalte der Frischgülle mit jenen der Gärrückstände so fällt auf, dass sich bei jeder Variante der OTS-Gehalte um bis zu

21% verringerte. Die einzige Ausnahme stellte die Variante 701 dar (Mais, Gras und GPS). Der Gärückstand dieser Variante wies einen höheren OTS-Gehalt gegenüber der entsprechenden Frischgülle auf (21%).

Auffallend ist in diesem Zusammenhang, dass die Variante 403 sich signifikant von den anderen beiden Varianten mit Mais unterschied. Auch bei den verschiedenen untersuchten Gärückständen mit Mais und Getreide waren signifikante Unterschiede des OTS-Gehaltes zu verzeichnen. Dasselbe Bild zeichnete sich bei den beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide (602 und 903) ab (siehe Anhangtabelle 6).

Kohlenstoffgehalte

Die Kohlenstoffgehalte der Rindergüllen variierten zwischen 39% und 48%. Bei den entsprechenden Gärückständen war die Spannbreite größer (24% bis 69%). Beim Vergleich der Frischgüllen mit den entsprechenden Gärsubstraten fällt auf, dass die Unterschiede bei der Mehrzahl der untersuchten Varianten relativ gering waren. Bei zwei Kombinationen (502 und 602) stieg der Kohlenstoffgehalt um ca. 35% an. Bei drei Varianten (402, 403 und 702) sank der Kohlenstoffgehalt. Hierbei fällt besonders die Kombination 702 auf. Bei dieser sank der Kohlenstoffgehalt mit Abstand am stärksten (76%) (siehe Anhangtabelle 7).

Beim Vergleich der Gärsubstrate miteinander zeigte die Variante 403 (Mais) die niedrigsten Kohlenstoffgehalte. Sie unterschied sich signifikant von neun der übrigen 15 Varianten. Auf der anderen Seite wies das Gärsubstrat der Variante mit Gras, Getreide und GPS (502) die höchsten Werte auf und unterschied sich signifikant zu allen übrigen Varianten mit Ausnahme der Varianten 501, 601, 602 und 701.

Auffallend ist das signifikante Unterschiede zwischen den drei Varianten mit Mais (402 von 601, 403 von 503) auftraten. Allerdings waren die Unterschiede zwischen diesen Varianten nur relativ gering (37% bis 42%). Auch bei den zwei Varianten mit Mais, Gras und Getreide sowie den verschiedenen Varianten mit Mais waren signifikante Unterschiede zu erkennen.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Stickstoffgehalte in den untersuchten Frischgüllen schwankten zwischen 32 mg/g und 68 mg/g, bei den Gärsubstraten streuten die Gehalte noch weiter (zwischen 45 mg/g und 134 mg/g). Beim Vergleich der Frischgüllen mit den entsprechenden Gärresten fällt auf, dass bei allen Varianten ein mehr oder weniger starker Anstieg zu verzeichnen war. Einzige Ausnahmen waren die Varianten 602 und 703, bei denen keine Veränderung des Stickstoffgehaltes zwischen Frischgülle und Gärsubstrat zu erkennen war. Die einzige Variante bei der eine Verringerung des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat auftrat, war die Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS (702).

Die Anstiege des Stickstoffgehaltes lagen bei acht Varianten zwischen 30% und 50%. Bei den übrigen fünf Varianten bei denen ein Anstieg des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat auftrat, lag dieser zwischen 75% und 100% (siehe Anhangtabelle 6).

Vergleicht man die Stickstoffgehalte der Gärsubstrate miteinander so zeigte die Variante 602 (Mais, Gras, Getreide) den geringsten Wert. Den höchsten Stickstoffgehalt wies der Gärrest der Variation 903 auf. Dies traf auch auf die Frischgülle dieser Variante zu.

Auffällig ist, dass die beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide signifikant unterschiedliche Werte aufwiesen.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Frischsubstanz

Der Stickstoffgehalt bezogen auf die Frischsubstanz variierte zwischen 2,24 mg/g und 5,3 mg/g bei den Frischgüllen und zwischen 3,4 mg/g und 9,84 mg/g bei den untersuchten Gärsubstraten. Beim Vergleich der Rindergüllen mit den entsprechenden Gärsubstraten fällt auf, dass kein einheitlicher Trend zu erkennen ist. Drei Varianten (501, 502 und 601) zeigten keinerlei Veränderungen der Stickstoffgehalte. Weitere drei Varianten (503, 602 und 702) wiesen eine Verringerung auf. Diese war jedoch relativ gering und lag zwischen 10 und 30%. Bei den übrigen Kombinationen stieg der Stickstoffgehalt in den Gärsubstraten an. Hierbei lag der Anstieg bei sieben der zehn Varianten zwischen 10% und 30%. Die beiden Kombinationen 902 und 903 zeigten eine Verdreifachung des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat (siehe Anhangtabelle 6).

Vergleicht man die Stickstoffgehalte der Gärsubstrate miteinander so zeigte die Kombination mit Gras, Getreide und GPS (502) den niedrigsten Wert auf. Sie unterschied sich von acht Varianten signifikant. Im Gegensatz dazu zeigte die Variante 902 den höchsten Stickstoffgehalt im Gärsubstrat.

Bei der Untersuchung fällt darüber hinaus auf, dass bei den Gärsubstraten der Varianten mit Mais und Getreide, sowie bei jenen mit Mais, Gras und Getreide und auch jenen mit Mais und Gras signifikante Unterschiede bezüglich des Stickstoffgehaltes der Gärsubstrate zu erkennen waren.

Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Bei den untersuchten Rindergüllen schwankte der Ammoniumgehalt zwischen 14 mg/g und 36 mg/g. Im Vergleich dazu war die Streuung bei den entsprechenden Gärsubstraten wesentlich größer. Hier lagen die Werte zwischen 25 mg/g und 93 mg/g. Dabei fällt auf, dass die Variante 602 sowohl in der Frischgülle als auch im Gärsubstrat die niedrigsten und im Gegensatz dazu die Variante 903 in der Frischgülle und im Gärrückstand die jeweils höchsten Ammoniumstickstoffgehalte aufwiesen. Bei beiden Varianten wurde Mais, Gras und Getreide als Kosubstrat verwendet (siehe Anhangtabelle 6).

Vergleicht man nun die Gehalte der Frischgüllen mit jenen der entsprechenden Gärsubstrate so fällt auf, dass hier ausnahmslos ein Anstieg des Ammoniumgehaltes im

Gärsubstrat zu verzeichnen war. Auffallend ist hier die große Bandbreite der Anstiege der Gehalte. So findet man zum Beispiel bei der Variante 703 mit 6% nur einen relativ geringen Anstieg. Das andere Extrem stellten die Varianten 902 und 903 dar, bei der sich der Ammoniumgehalt im Bezug auf die Trockensubstanz im Gärrückstand gegenüber dem Gehalt der Frischgülle vervierfachte, bzw. verdreifachte. Bei sechs der untersuchten Varianten fand nahezu eine Verdoppelung der Werte im Gärrückstand statt.

Beim Vergleich der Gärsubstrate untereinander zeigte die Kombination 602 (Mais, Gras und Getreide) die geringsten Ammoniumgehalte auf. Auf der anderen Seite weist die andere Variante mit Mais, Gras und Getreide hier die höchsten Werte auf.

Neben den Ammoniumgehalten der Gärrückstände mit Mais, Gras und Getreide zeigten auch zwei der drei untersuchten Varianten mit Mais (401 und 503) signifikante Unterschiede zueinander. Ähnliches gilt auch für verschiedene Varianten mit Mais und Getreide und jene Gärsubstrate mit Mais und Gras.

Ammoniumgehalte bezogen auf die Frischsubstanz

Hier schwankten die Werte bei den Frischgülle zwischen 0,6 mg/g und 2,5 mg/g, wohingegen die Gehalte in den Gärsubstraten zwischen 2,2 mg/g und 6,4 mg/g streuten. Die Werte lagen bei allen untersuchten Varianten in den Gärsubstraten höher als bei den entsprechenden Frischgülle (siehe Anhangtabelle 6). Die einzige Ausnahme bildeten die Varianten 502 (Gras, Getreide und GPS) und 503 (Mais) bei denen keinerlei Veränderung festzustellen war. Bei der überwiegenden Anzahl variierte der Anstieg der Ammoniumstickstoffgehalte zwischen 10 und 50%. Ausnahmen bildeten hier wiederum die Varianten 402 und 603 (beide mit Mais und Getreide), bei denen eine Verdoppelung beobachtet werden konnte. Auch bei den beiden Gärrückständen 902 (Mais, Mist, Gras und Püree) und 903 (Mais, Gras und Getreide) war ein erheblicher Anstieg festzustellen. Hier war eine Verdreifachung der Ammoniumgehalte zu erkennen. Den mit Abstand stärksten Anstieg verzeichnete die Variante 403 (Mais), bei der sich der Ammoniumgehalt im Gärsubstrat im Vergleich zur entsprechenden Frischgülle mehr als versechsfachte.

Vergleicht man nun die Gehalte der Gärsubstrate miteinander, so zeigte die Variante 503 den geringsten Ammoniumgehalt auf. Auf der anderen Seite zeigte die Variante 902 (mit Mist, Mais, Gras und Püree) den höchsten Wert der signifikant von allen anderen Gärsubstraten war.

Es fällt auf, dass beim Vergleich der verschiedenen Varianten mit Mais, sowie bei den Kombinationen mit Mais und Getreide, als auch bei den untersuchten Gärsubstraten mit Mais und Gras, jeweils signifikante Unterschiede auftraten.

Cadmiumgehalte

Die Cadmiumgehalte der Rindergülle und den untersuchten Gärsubstraten lagen im Bereich von 0,1 mg/kg bis 0,37 mg/kg. Beim Vergleich des Gehaltes der Frischgülle

mit den entsprechenden Gärresten fällt auf, dass bei allen Varianten der Cadmiumgehalt im Gärsubstrat erhöht wurde. Ausnahmen bildeten die Varianten 502 (mit Gras, Getreide und GPS) und 702 (mit Mais, Gras, Getreide und GPS). Hier zeigte sich ein 40 bzw. 12%iger Abfall des Cadmiumgehaltes. Bei sieben der Varianten die einen Anstieg des Cadmiumgehaltes verzeichneten lag dieser bei 10% und darunter. Bei den übrigen Varianten lag der Anstieg zwischen 30% und 70%. Die Variante 402 (Mais und Getreide) zeigte sogar eine Verdoppelung des Cadmiumgehaltes im Gärrückstand (siehe Anhangtabelle 7).

Beim Vergleich der Gärrückstände untereinander zeigte die Variante 403 (Mais) den geringsten Gehalt. Signifikante Unterschiede zeigte sie zu allen übrigen Kombinationen mit Ausnahme von Variante 401, 402, 701, 702 und 903. Den höchsten Cadmiumgehalt wies die Variante 403 (Mais) mit 0,37 mg/kg auf. Dieser Wert war signifikant höher als jener der Gärsubstrate der beiden Varianten mit Mais und Gras (501 und 803) und jener von drei der vier Varianten mit Mais und Getreide (601, 603 und 703).

Es fällt auf, dass die Werte der Varianten mit Mais signifikante Unterschiede zueinander aufwiesen, ebenso wie die Gärreste der Kombinationen mit Mais und Gras.

Nickelgehalte

Die Nickelgehalte schwankten sowohl bei den Frischgülle als auch bei den Gärsubstraten aus Rindergülle zwischen 3,9 mg/kg und 17,7 mg/kg. Hierbei ist anzumerken, dass der höchste Wert der Frischgülle als auch der Gärsubstrate jeweils bei der Variante 403 auftrat. Beim Vergleich der Nickelgehalte in der Frischgülle und den entsprechenden Gärsubstraten wird deutlich, dass der überwiegende Teil der untersuchten Varianten einen Anstieg in den Gärsubstraten verzeichnete. Dabei schwankte dieser Anstieg bei fünf Varianten zwischen 15% und 30% und bei sieben Varianten zwischen 60% und 75%. Eine Verdoppelung trat bei der Variante 402 (Mais und Getreide) auf. Auf der anderen Seite zeigten die Kombinationen 503 (Mais), 701 (Mais, Gras und GPS) und 703 (Mais und Getreide) einen mehr oder weniger starken Abfall der Nickelgehalte im Gärsubstrat im Vergleich zur Frischgülle. Die Verringerungen der Gehalte schwankten hier zwischen 14%, 34% und 71% (siehe Anhangtabelle 7).

Beim Vergleich der Nickelgehalte in den untersuchten Gärrückständen zeigte die Variante 703 (Mais und Getreide) den niedrigsten Wert. Im Gegensatz dazu wies der Gärrückstand der Variante 403 (Mais) den höchsten Wert auf.

Auch hier zeigten Gärsubstrate mit der gleichen Kombination an Kosubstraten signifikante Unterschiede zueinander. Dies traf für die Varianten mit Mais und Getreide, aber auch für die Varianten mit Mais und jenen mit der Kombination Mais, Gras und Getreide zu.

Chromgehalte

Die Chromgehalte der Frischgülle schwankten zwischen 3,2 mg/kg und 9,36 mg/kg und bei den entsprechenden Gärrückständen zwischen 3,2 mg/kg und 18,5 mg/kg. Beim Vergleich der Chromgehalte der Frischgülle mit denen ihrer entsprechenden Gärsubstrate konnte man bei zwölf der sechzehn untersuchten Varianten einen Anstieg feststellen. Dieser Anstieg lag bei drei Varianten unter 10%. Bei den Kombinationen 402, 501, 601, 401 und 502 stieg der Chromgehalt im Gärsubstrat um 20% bis 50%. Die höchsten Anstiege jedoch verzeichneten die Variante 403 (Mais) mit 76%, die Variante 802 (Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot mit 200% und die Variante 702 (Mais, Gras, Getreide und GPS), mit 300% (siehe Anhangtabelle 7).

Die einzigen Gärrückstände die geringere Gehalte aufwiesen als die dazugehörigen Frischgülle waren die Varianten 701 (Mais, Gras und GPS), 703 (Mais, Getreide) und 903 (Mais, Gras, Getreide). Diese Verringerung lag zwischen 3% und 19%.

Beim Vergleich der Chromgehalte der Gärsubstrate miteinander, zeigte die Variante 702 (Mais, Gras, Getreide und GPS) mit 18,5 mg/kg den höchsten Wert auf. Auf der anderen Seite lag der niedrigste Wert mit 3,3 mg/kg bei einer der Varianten mit Mais (503).

Die beiden Varianten mit den Kosubstraten Mais und Gras aber auch jene mit Mais, Gras und Getreide unterschieden sich in diesem Zusammenhang signifikant voneinander. Auch bei den verschiedenen Varianten mit Mais waren signifikante Unterschiede beim Chromgehalte der Gärsubstrate zu erkennen. So wies die Kombination 503 signifikant niedrigere Werte auf als die beiden andere (401 und 403). Bei den Kombinationen mit Mais und Gras unterschieden sich nur die Chromgehalte der Gärrückstände der Varianten 703 und 402 signifikant voneinander.

Kupfergehalte

Die Kupfergehalte der Frischgülle und auch der Gärsubstrate aus Rindergülle schwankten zwischen 5,9 mg/kg und 110,3 mg/kg. Bei fünf der 16 untersuchten Varianten konnte ein mehr oder weniger starker Anstieg der Kupfergehalte in den Gärsubstraten beobachtet werden. Die höchsten Anstiege lagen hier bei zwei der Varianten mit Mais (403 und 503) und einer der Varianten mit Mais und Getreide (603), sowie bei der Variante 903 (Mais, Gras und Getreide). Bei diesen Kombinationen konnte eine Verdoppelung und teilweise sogar eine Vervierfachung der Kupfergehalte im Gärsubstrat beobachtet werden (Variante 603). Auf der anderen Seite sank der Kupfergehalt bei den Kombinationen 402, 701, 702 und 703 im Gärsubstrat ab. Die Reduktion des Kupfergehaltes schwankte zwischen 10% und 30%. Die mit Abstand größte Verringerung war bei der Variante 703 (Mais und Getreide) zu verzeichnen. Hier war der Gehalt im Gärrückstand fast dreimal niedriger als in der dazugehörigen Frischgülle (siehe Anhangtabelle 7).

Den niedrigsten Kupfergehalt der untersuchten Gärrückstände aus Rindergülle zeigte die Variante 703 (Mais und Getreide) auf. Den höchsten Wert wies mit 110 mg/kg die Variante 403 (Mais) auf.

Auffallend ist, dass das Gärsubstrat einer der Varianten mit Mais (403) sich im Bezug auf den Kupfergehalt signifikant von den beiden anderen unterschied. Auch bei den Gärsubstraten der Varianten mit Mais und Gras traten signifikante Unterschiede auf.

Bleigehalte

Die Bleigehalte der Frischgüllen und der entsprechenden Gärsubstrate schwankten zwischen 1 mg/kg und 9,6 mg/kg. Ein einheitlicher Trend beim Vergleich der Frischgüllen mit den Gärsubstraten aus Rindergülle in Bezug auf die Bleigehalte war nicht zu erkennen, obwohl die überwiegende Zahl der untersuchten Varianten in diesem Hinblick einen Anstieg zeigten. Dieser variierte relativ stark. Die größten Anstiege der Bleigehalte im Gärrückstand lagen zwischen 60% und 70% und waren bei den Varianten 501, 702 und 802 zu finden (siehe Anhangtabelle 7).

Bei den Kombinationen 402, 701 und 703 waren keinerlei Veränderungen bezüglich des Bleigehaltes in der Frischgülle und dem dazugehörigen Gärsubstrat zu erkennen.

Außerdem waren bei drei der 16 untersuchten Varianten teilweise erheblich Verringerungen der Bleigehalte im Gärsubstrat zu beschreiben. So reduzierte sich bei der Kombination 602 (Mais, Gras und Getreide) der Bleigehalt um das Dreifache und bei der Kombination 902 (Mais, Mist, Gras und Püree) sogar um das Vierfache.

Die Variante 403 wies den höchsten Bleigehalt der Gärsubstrate auf. Im Gegensatz dazu wiesen die Gärsubstrate von gleich zwei Varianten mit 1,3 mg/kg (701 und 602) die niedrigsten Bleigehalte auf.

Das Gärsubstrat der Variante 403 mit Mais wies einen signifikant höheren Bleigehalt auf als die übrigen beiden. Auch die Bleigehalte der Gärsubstrate der Varianten mit Mais, Gras und Getreide unterschieden sich signifikant voneinander. Gleiches galt auch für verschiedene Varianten mit Mais und Gras.

Zinkgehalte

Die Zinkgehalte der untersuchten Frischgüllen schwankten zwischen 100 mg/kg und 285 mg/kg. Die Spannbreite der Zinkgehalte war bei den Gärsubstraten wesentlich größer und lag hier zwischen 118 mg/kg und 519mg/kg. Vergleicht man die Gehalte der Frischgüllen mit den entsprechenden Gärsubstraten der jeweiligen Variante, so zeigten elf Varianten einen mehr oder weniger starken Anstieg. Den mit Abstand höchsten Anstieg des Zinkgehaltes zeigte die Variante 903 (Mais, Gras und Getreide). Hier war der Gehalt im Gärsubstrat im Vergleich zur Frischgülle doppelt so hoch (siehe Anhangtabelle 7).

Es fanden sich aber auch gegenteilige Entwicklungen im Bezug auf den Zinkgehalt. So sank dieser bei den Varianten 701, 702, und 803 um 10% bis 20% und bei den Varianten 703 und 802 um 30% bis 40%.

Den niedrigsten Zinkgehalt der untersuchten Gärsubstrate aus Rindergülle wies mit 118 mg/kg die Variante 703 (Mais und Getreide) auf. Den höchsten Gehalt zeigte das Gärsubstrat der Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) mit 519 mg/kg.

Das Gärsubstrat von einer der Varianten mit Mais (503) wies signifikant niedrigere Zinkgehalte auf. Aber auch die Gärsubstrate der verschiedenen Varianten der Kombinationen mit Mais und Getreide, mit Mais, Gras und Getreide und mit Mais und Gras zeigten signifikant Unterschiede im Bezug auf den Zinkgehalt.

Kaliumgehalte

Die Kaliumgehalte der Frischgülle aber auch der Gärsubstrate aus Rindergülle variierten erheblich. So lagen die Werte der Frischgülle zwischen 2,7 g/100g und 11,8 g/100g und jene der Gärsubstrate zwischen 4,4 g/100g und 14,2 g/100g (siehe Anhangtabelle 8).

Bei 13 der 16 untersuchten Varianten zeigte sich ein Anstieg der Kaliumgehalte in den Gärsubstraten im Vergleich zu den entsprechenden Frischgülle. Dabei stieg dieser Gehalt bei den Kombinationen 402, 501 und 503 um 60% bis 80% gegenüber den Kaliumgehalten im Gärsubstrat. Die mit Abstand höchsten Anstiege der Kaliumgehalte in den Gärsubstraten waren bei den Varianten 403 (Mais) und 902 (Mais, Mist, Gras und Püree) festzustellen. Bei diesen lag der Gehalt in den Gärresten doppelt bzw. dreimal so hoch wie in den entsprechenden Frischgülle.

Keinerlei Veränderung des Kaliumgehaltes traten bei den beiden Varianten mit Mais und Getreide (601 und 703), sowie bei der Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) auf.

Beim Vergleich der Gärsubstrate miteinander zeigte die Variante 503 (Mais) die mit Abstand höchsten Kaliumgehalte.

Den geringsten Kaliumgehalt wies mit 4,4 mg/kg das Gärsubstrat der Variante 602 (Mais, Gras Getreide und GPS) auf.

Der Kaliumgehalt des Gärsubstrates der Variante 401 unterschied sich signifikant von den beiden übrigen Gärsubstraten mit Mais. Aber auch die beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide wiesen signifikant unterschiedliche Kaliumgehalte in ihren Gärsubstraten auf. Gleiches galt für zwei der Varianten mit Mais und Getreide (601 und 603).

Magnesiumgehalte

Die Magnesiumgehalte der Frischgülle aus Rindergülle lagen zwischen 0,5 g/100g und 3,5 g/100g, während der Gehalt in den Gärsubstraten zwischen 0,8 g/100g und 2,3 g/100g variierte. Bei zwölf der untersuchten Variante stieg der Magnesiumgehalt im

Gärsubstrat an, wobei dort sehr große Unterschiede zu verzeichnen waren. Den mit Abstand höchsten Anstieg im Gärsubstrat gegenüber der entsprechenden Frischgülle konnte bei der Kombination 403 (Mais) verzeichnet werden. Hier fand man eine Verdoppelung des Magnesiumgehaltes (siehe Anhangtabelle 8).

Aber auch der gegenteilige Effekt war hier zu beobachten. So sank der Magnesiumgehalt bei den Varianten 603 (Mais und Getreide) und 702 (Mais, Gras, Getreide und GPS) in den Gärsubstraten um bis zu 10%. Um zirka 30% bis 50% sank der Gehalt bei den Varianten 603 und 902. Die höchste Reduktion des Kaliumgehaltes im Gärsubstrat fand man bei der Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) bei der sich der Gehalt mehr als halbiert.

Beim Vergleich der Magnesiumgehalte der Gärsubstrate aus Rindergülle miteinander wies die Variante 902 (Mais, Mist, Gras und Püree) den höchsten Wert auf. Auch die Frischgülle dieser Variante wies die höchsten Magnesiumgehalte auf. Im Gegensatz dazu zeigte die Kombination 903 (Mais, Gras und Getreide) den niedrigsten Magnesiumgehalt.

Bemerkenswert ist, dass die Kombination 503 signifikant höhere Werte aufwies als die beiden anderen mit dem alleinigen Kosubstrat Mais. Auch die beiden Varianten der Kombination Mais, Gras und Getreide, sowie der Varianten der Kombination Mais und Gras wiesen signifikant unterschiedliche Magnesiumgehalte auf. Signifikante Unterschiede tauchten auch bei der Betrachtung der Gehalte in den Gärrückständen der Varianten mit Mais und Getreide.

Phosphorgehalte

Die Phosphorgehalte der Rindergüllen und ihrer Gärsubstrate schwankten zwischen 12,6 mg/g und 42,2 mg/g. Alle Varianten zeigten beim Vergleich der Frischgüllen mit den entsprechenden Gärrückständen einen Anstieg des Phosphorgehaltes in den Gärrückständen, mit Ausnahme der Variante 403 (Mais) die keinerlei Unterschiede zwischen der Frischgülle und dem Gärsubstrat in diesem Zusammenhang erkennen ließ (siehe Anhangtabelle 8).

Bei den Varianten 702 und 703 stieg der Phosphorgehalt um 10% bis 15% an. Bei den meisten Kombinationen schwankte der Anstieg zwischen 20% und 30%. Bei den Varianten 603 (Mais und Getreide) und 902 (Mais, Mist, Gras und Püree) zeigten sich die mit Abstand höchsten Unterschiede zwischen den Phosphorgehalte in der Frischgülle gegenüber jenem im Gärsubstrat. Hier war eine Verdoppelung, bzw. eine Verdreifachung zu erkennen.

Den niedrigsten Phosphorgehalt aller untersuchten Gärsubstrate aus Rindergülle trat bei der Kombination 601 (Mais und Getreide) auf. Mit Ausnahme der Varianten 401, 701, 703 und den beiden Gärsubstraten mit Mais und Gras war die Kombination 601 von allen übrigen Gärsubstraten signifikant unterschiedlich im Bezug auf den Phos-

phorgehalt. Den höchsten Phosphorgehalt wies die Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) auf.

Bei den drei Kombinationen mit Mais unterschied sich der Phosphorgehalt des Gärsubstrates der Variante 401 signifikant von der jenem der Variante 403. Auch bei den beiden Kombinationen mit Mais, Gras und Getreide sowie bei den Varianten mit Mais und Getreide waren signifikant unterschiedliche Gehalte zu vermerken.

Phosphorgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Die Phosphorgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion in den Frischgülle und Gärsubstraten schwankten zwischen 0,03 und 0,31 kg/dt. Beim Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten war überwiegend eine Verringerung der Gehalte in den Gärrückständen zu erkennen. Diese streuten allerdings erheblich. Ein ähnliches Bild zeigten die Varianten bei denen der Phosphorgehalt im Gärsubstrat anstieg. So zeigte die Variante 902 (Mais, Mist, Gras, Püree) einen mehr als siebenfachen Anstieg im Gärsubstrat. Im Gegensatz dazu wies die Variante 703 (Mais und Getreide) nur einen Anstieg um 36% auf (siehe Anhangtabelle 8).

Weitere drei untersuchte Varianten (502, 601 und 803) zeigten keinerlei, bzw. äußerst geringe Unterschiede zwischen den Phosphorgehalten im Gärsubstrat und der entsprechenden Frischgülle.

Beim Vergleich der Gehalte in den Gärsubstraten zeichnete sich die Variante 402 (Mais und Getreide) mit den niedrigsten Werten aus. Den höchsten Wert zeigte mit 0,31 kg/dt das Gärsubstrat der Variante 902 (Mais, Mist, Gras und Püree).

Die Variante 402 unterscheidet sich signifikant von den anderen Varianten mit Mais und Getreide.

Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Die Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion in den Frischgülle und den Gärsubstraten aus Rindergülle variieren zwischen 0,23 kg/dt und 0,65 kg/dt (siehe Anhangtabelle 30).

Vergleicht man die Gehalte der Frischgülle mit denen der entsprechenden Gärrückstände, so dominierte ein Anstieg in den Gärsubstraten. Fünf der untersuchten Varianten verzeichneten einen Anstieg zwischen 50% und 65%. Den mit Abstand höchsten Anstieg zeigte die Kombination 402 (Mais und Getreide) mit 92%.

Verringerungen des Phosphorgehaltes waren allerdings auch festzustellen. So halbierte sich der Gehalt im Gärsubstrat beispielsweise in der Variante 902 (Mais, Mist, Gras, Püree). Bei drei Varianten reduzierte sich der Gehalt im Gärrückstand um nur bis zu 10%.

Vergleicht man die Gehalte der untersuchten Gärsubstrate miteinander so wiesen die Varianten 502 (Gras, Getreide und GPS) und 902 (Mais, Mist, Gras, Püree) die niedrigsten Gehalte auf. Den im Vergleich zu allen übrigen Varianten signifikant höchsten Phosphorgehalt im Gärsubstrat zeigte die Variante 701 (Mais, Gras und GPS) auf.

Zusätzlich fällt auf, dass die beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide, als auch die beiden Varianten mit Mais und Gras im Vergleich untereinander signifikant unterschiedliche Phosphorgehalte im Gärsubstrat aufzeigten. Auch eine der Kombinationen mit Mais (503) zeigte signifikant höhere Gehalte als die übrigen Varianten mit Mais als einzigem Kosubstrat.

Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Parametern trat hier bei den Kombinationen mit Mais und Getreide kein signifikanter Unterschied zu Tage (siehe Anhangtabelle 8).

7.3 Schweinegülle

pH-Werte

Die pH-Werte der untersuchten Frischgülle und Gärsubstrate aus Schweinegülle lagen ausnahmslos im schwach alkalischen Bereich. Mit Ausnahme von zwei Varianten (1202 und 1203) stieg der pH-Wert in den Gärsubstraten gegenüber jenen in der Frischgülle in allen untersuchten Varianten mehr oder weniger stark an. Da die Schwankungen in den Gärsubstraten nur relativ gering waren (zwischen 8,2 und 8,7), können die durch den Nemenyi-Test aufgetretenen Signifikanzen ignoriert werden (siehe Anhangtabelle 9).

Trockensubstanzgehalte

Die Trockensubstanzgehalte in den Frischgülle waren generell relativ niedrig. So schwankten sie zwischen 1,1 und 7%. Ähnliches galt auch für die Trockensubstanzgehalte der Gärsubstrate. Hier lagen die Werte zwischen 2,9% und 5,9%. Bei allen Varianten bei denen Kosubstrate hinzugefügt wurden, war ein Anstieg des TS-Gehaltes zu verbuchen. Bei drei der untersuchten Varianten verdreifachten sich sogar die Trockensubstanzgehalte in den Gärsubstraten (1001, 1002 und 1203). Dies traf allerdings nicht auf die drei Gärrückstände ohne Kosubstrate zu. Hier sank der TS-Gehalt um 20% bis 40% ab (siehe Anhangtabelle 9).

Gehalte des organischen Kohlenstoffes

Die OTS-Gehalte in den untersuchten Varianten variierten zwischen 50% und 80%, wobei der Gehalt des organischen Kohlenstoffes in den Gärrückständen bei den Varien-

ten mit Kosubstraten anstieg. Bei den drei übrigen Varianten sank der OTS-Gehalt um bis zu 12% ab (siehe Anhangtabelle 10).

Den höchsten Wert wies das Gärsubstrat der Variante 1203 (Mais und Getreide) auf. Den geringsten OTS-Gehalt zeigt hingegen die Variante 1102 (ohne Kosubstrate) auf. Die Variante 1102 wies signifikant niedrigere Gehalte auf als die beiden Gärsubstrate ohne Kosubstrate.

Kohlenstoffgehalte

Die Kohlenstoffgehalte der Frischgülle und Gärsubstrate schwankten zwischen 19% und 45%. Auch hier zeigte sich bei fast allen Varianten bei denen Kosubstrate Verwendung fanden ein Anstieg im Gärsubstrat. Ausnahmen bildeten hier die Varianten 1201 und zwei der drei Varianten ohne Kosubstrate (1102 und 1103). Den höchsten Anstieg im Gärsubstrat zeigte die Variante 1001 (Mais), bei der sich der Gehalt mehr als verdoppelte (siehe Anhangtabelle 10).

Die Gärsubstrate der beiden Varianten ohne Kosubstrate (1102 und 1103) sanken um ca. 10%, wohingegen die Kombination 1201 (Mais und Getreide) eine Verringerung des Kohlenstoffgehaltes um 80% aufwies.

Das Gärsubstrat mit dem höchsten Kohlenstoffgehalt zeigte die Variante 1001 (Mais). Im Gegensatz dazu ergab sich für die Variante 1201 (Mais und Getreide) in diesem Zusammenhang der niedrigste Wert.

Auffallend war hierbei, dass sich die Varianten 1002 und 1001 (beide mit Mais) und auch die beiden Varianten mit Mais und Getreide (1201 und 1203) signifikant voneinander unterschieden.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Stickstoffgehalte der untersuchten Frischgülle lagen zwischen 95 mg/g und 283 mg/g. Bei den dazugehörigen Gärsubstraten variierte dieser zwischen 73 mg/g und 156 mg/g (siehe Anhangtabelle 10).

Beim Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten zeigten sechs Varianten eine Verringerung des Stickstoffgehaltes. Darunter waren, unter anderem, die beiden Kombinationen mit Mais, wobei die Verringerung dieser Varianten insgesamt sehr stark variierte. So zeigte die Variante 1001 eine Reduktion um 84%. Bei der Variante 1002 hingegen halbierte sich der Stickstoffgehalt im Gärsubstrat. Ähnliches galt für die beiden Varianten mit Mais und Getreide. Hier sank der Stickstoffgehalt im Gärsubstrat der Variante 1201 um 50%. Bei der Kombination 1203 war er sogar dreimal niedriger als in der Frischgülle. Der Gärückstand der Variante mit GPS (1202) wies nur einen halb so hohen Stickstoffgehalt auf als die Frischgülle. Bei den Varianten ohne Kosubstrate stieg der Stickstoffgehalt im Bezug auf die Trockensubstanz im Gärsubstrat generell an und zwar um 25% bis 43%.

Beim Vergleich der Gärsubstrate untereinander zeigte die Variante 1202 (GPS) den höchsten Stickstoffgehalt. Gegenüber den übrigen Varianten war dieser Wert signifikant höher, mit Ausnahme der Varianten mit Mais und Gras und der Variante 1002 (Mais). Den signifikant niedrigsten Stickstoffgehalt im Gärrückstand, wies hingegen die Variante 1102 (ohne Kosubstrat) auf. Die einzigen nicht signifikant unterschiedlichen Gehalte im Gärsubstrat zeigten die anderen beiden Varianten ohne Kosubstrat und die Kombination 1001 (Mais).

Auffällig war hierbei, dass die beiden Varianten mit Mais, 1002 und 1001 signifikante Unterschiede im Bezug auf den Stickstoffgehalt im Gärsubstrat aufwiesen.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Frischsubstanz

Die Stickstoffgehalte der Frischgülle und Gärsubstrate aus Schweinegülle schwankten zwischen 2,8 mg/g und 8 mg/g. In fünf Fällen konnte ein Anstieg des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat gegenüber der entsprechenden Frischgülle beobachtet werden. Dabei war der Anstieg bei den Varianten 1103 (ohne Kosubstrate) und 1203 (Mais und Getreide) nur sehr gering zwischen 2 und 4 %. Die Varianten 1002 (Mais) und 1101 (ohne Kosubstrat) zeigten einen Anstieg des Stickstoffgehaltes um ca. 20%. Den höchsten Anstieg in diesem Zusammenhang konnte bei der Variante 1001, mit 45% festgestellt werden (siehe Anhangtabelle 10).

Auf der anderen Seite zeigten die Varianten 1102 (ohne Kosubstrat), 1202 (GPS) und 1003 (Mais und Mist) eine 1%ige bis 5%ige Verringerung des Stickstoffgehaltes im Gärrest. Die größte Dezimierung des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat, im Vergleich zur entsprechenden Frischgülle, zeigte, mit rund 20%, die Variante 1201 (Mais und Getreide).

Vergleicht man die Stickstoffgehalte der untersuchten Gärsubstrate aus Schweinegülle miteinander so zeigte die Variante 1003 (Mais und Mist) den signifikant niedrigsten Gehalt.

Ammoniumgehalte bezogen auf die Frischsubstanz

Die Ammoniumgehalte der untersuchten Frischgülle und Gärsubstrate schwankten zwischen 2,4 mg/g und 6,1 mg/g. Beim Vergleich der Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten zeigten sechs der neun Varianten eine Verringerung. Dabei lag diese bei den Varianten 1003 (Mais und Mist) und den beiden Varianten ohne Kosubstrate (1102 und 1103) zwischen fünf und zehn Prozent. Bei den beiden Varianten mit Mais und Getreide, sowie der Variante 1202 (GPS) lag die Abnahme zwischen 30% und 40% (siehe Anhangtabelle 10).

Die Anstiege hingegen waren bei zwei Varianten (1101 und 1102) mit 3 bis 4 % recht niedrig. Im Gegensatz dazu war die Erhöhung des Ammoniumgehaltes im Gärrückstand der Variante 1001 (Mais) mit ca. 30% relativ groß.

Das Gärsubstrat der Variante 1103 (ohne Gärsubstrat) wies den höchsten Ammoniumgehalt aller untersuchten Gärückstände auf. Die beiden übrigen Varianten ohne Gärsubstrat und die Variante 1002 (Mais) waren in diesem Zusammenhang, im Gegensatz zu allen übrigen, nicht signifikant unterschiedlich.

Den geringsten Wert zeigte der Gärrest der Variante 1203 (Mais und Getreide) auf. Alle übrigen Varianten beinhalteten signifikant höhere Gehalte, mit Ausnahme der Varianten 1003 (Mais und Mist), 1201 (Mais und Getreide) und 1202 (GPS).

Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Bezogen auf die Trockensubstanz schwankten die Ammoniumgehalte in den Frischgülle zwischen 84 mg/g und 226 mg/g. Bei den untersuchten Gärsubstraten aus Schweinegülle lagen diese Werte zwischen 49 mg/g und 119 mg/g (siehe Anhangtabelle 10).

Beim Vergleich der Werte der Frischgülle mit jenen der entsprechenden Gärückstände zeigten sechs Varianten eine mehr oder weniger starke Reduktion. So wiesen die Varianten 1001 (Mais), 1201 (Mais und Getreide) und 1202 (GPS) eine Halbierung der Gehalte auf. Bei den Varianten 1002 (Mais) und 1203 (Mais und Getreide) war der Ammoniumgehalt im Gärsubstrat drei bis viermal geringer als in der entsprechenden Frischgülle. Im Vergleich dazu war die Dezimierung des Gehaltes mit rund 20% bei der Variante 1003 (Mais und Mist) verhältnismäßig gering. Die drei untersuchten Varianten ohne Kosubstrate hingegen zeigten ausnahmslos erhöhte Stickstoffgehalte im Gärsubstrat.

Den höchsten Ammoniumstickstoffgehalt aller untersuchten Gärsubstrate wies die Variante 1102 (ohne Kosubstrat) auf. Die Variante 1201 (Mais und Getreide) zeigte im Gegensatz dazu mit 49,2 mg/g den niedrigsten Ammoniumgehalt in den Gärsubstraten.

Auffällig war in diesem Zusammenhang, dass die Gärsubstrate der beiden Varianten mit Mais signifikant unterschiedliche Ammoniumgehalte aufwiesen.

Bleigehalte

Die Bleigehalte der Frischgülle schwanken zwischen 0,5 mg/kg und 3,7 mg/kg. Die Gärsubstrate weisen Werte zwischen 0,8 mg/kg und 6,6 mg/kg auf. Mit Ausnahme der beiden Varianten mit Mais und Getreide (1201 und 1203) stiegen die Bleigehalte in den Gärsubstraten im Vergleich zu jenen der entsprechenden Frischgülle bei allen untersuchten Kombinationen an. Dabei war bei den beiden Varianten mit Mais (1001 und 1002) und der Variante mit GPS (1202) eine Verfünffachung der Gehalte festzustellen. Nur die Variante 1102 (ohne Kosubstrate) wies einen noch höheren Anstieg (Verzehnfachung) auf. Nur um 51%, bzw. 81% stieg der Bleigehalt im Gärsubstrat der Varianten 1101 (ohne Kosubstrat) und 1103 (Mais und Mist) (siehe Anhangtabelle 11).

Die Reduktion der Bleigehalte bei der Variante 1203 (Mais und Getreide) war mit nur 4% im Vergleich zur Variante 1201 relativ gering. Bei letzterer Variante halbierte sich der Wert im Gärrückstand.

Den geringsten Bleigehalt in den Gärsubstraten wies mit 0,83 mg/kg die Variante 1201 (Mais und Getreide) auf. Mit Ausnahme der Varianten 1001 (Mais), 1101 und 1103 (beide ohne Kosubstrate) zeigten die Gärrückstände der übrigen Varianten signifikant höhere Werte.

Auf der anderen Seite war das Gärsubstrat der Variante 1003 (Mais und Mist) jenes mit dem signifikant höchsten Bleigehalt, mit Ausnahme der Varianten 1102 (Mais), 1102 (ohne Kosubstrat) und 1202 (GPS). Zu diesen Varianten konnte zwar kein signifikanter aber dennoch deutlicher Unterschied beobachtet werden.

Auffallend war, dass bei den beiden Varianten mit Mais und Getreide (1201 und 1203), sowie zwischen den Varianten 1001 und 1002 (beide mit Mais) signifikante Unterschiede im Bezug auf den Bleigehalt zu erkennen waren.

Besonders bemerkenswert war hier darüber hinaus, dass sich der Gärrückstand von einer der Varianten ohne Kosubstrate (1102) signifikant von den beiden übrigen unterschied.

Kupfergehalte

Die Kupfergehalte der untersuchten Frischgülle und Gärsubstrate aus Schweinegülle schwankten zwischen 66 mg/kg und 579 mg/kg (siehe Anhangtabelle 11).

Bei vier der neun untersuchten Varianten war ein Anstieg der Kupfergehalte in den Gärrückständen im Vergleich zu den entsprechenden Frischgülle festzustellen. Dieser lag bei zwei Varianten zwischen 70% und 90% (1001, 1101). Die Variante 1102 (ohne Kosubstrate) wies mit einer Verdreifachung des Bleigehaltes den stärksten und die Variante 1103 (auch ohne Kosubstrate) mit 33% den geringsten Anstieg im Gärsubstrat auf. Bei den übrigen fünf Varianten trat eine Verringerung der Kupfergehalte in den Gärsubstraten auf.

Der höchste Kupfergehalt der Gärsubstrate konnte mit 578,8 mg/kg bei der Variante 1102 (ohne Kosubstrate) beobachtet werden. Mit Ausnahme der übrigen beiden Varianten ohne Kosubstrate, sowie den Varianten 1003 (Mais und Mist) und 1203 (Mais und Getreide) wiesen alle übrigen Gärrückstände signifikant niedrigere Kupfergehalte auf. Das Gärsubstrat der Variante 1201 (Mais und Getreide) zeigte, im Vergleich zu den übrigen Varianten den signifikant höchsten Wert auf, mit Ausnahme der Gärrückstände der Varianten 1001 (Mais), 1202 (GPS) und 1203 (Mais und Getreide).

Cadmiumgehalte

Die Cadmiumgehalte der untersuchten Frisch- und Gärgülle aus Schweinegülle schwankten zwischen 0,16 mg/kg und 0,56 mg/kg. Sechs Varianten wiesen einen An-

stieg des Gehaltes im Gärsubstrat auf. Dieser lag bei den Varianten ohne Kosubstrat und der Variante 1203 (Mais und Getreide) zwischen 10% und 18%. Der Anstieg der Cadmiumgehalte war in den Varianten mit Mais wesentlich höher. Hier lag er zwischen 56% und 100% (siehe Anhangtabelle 11).

Auf der anderen Seite wiesen die Varianten 1201 (Mais und Getreide) und 1202 (GPS) eine Reduktion um 65% bzw. 75% auf. Diese lag bei der Variante 1003 (Mais und Mist) mit 2% wesentlich niedriger.

Den höchsten Cadmiumgehalt wies allerdings das Gärsubstrat der Variante 1003 (Mais und Mist) mit 0,55 mg/kg auf. Signifikant niedrigere Werte zeigten alle übrigen Varianten mit Ausnahme der Varianten 1001 (Mais), sowie zwei der Varianten ohne Kosubstrate (1101 und 1102). Den niedrigsten Cadmiumgehalt wies hingegen der Gärückstand der Variante 1202 mit 0,2 mg/kg auf. Auffallend war hier, dass sich die Cadmiumgehalte von zwei der Varianten ohne Kosubstrat (1102 und 1103) signifikant voneinander unterscheiden.

Nickelgehalte

Die Nickelgehalte variierten in den Gärsubstraten und der Frischgülle zwischen 4,7 mg/kg und 16,6 mg/kg. Bei fünf Varianten sank der Nickelgehalt in den Gärsubstraten, im Vergleich zu den entsprechenden Frischgüllen, ab. Die größte Reduktion war bei der Variante 1202 (GPS) festzustellen. Hier halbierte sich der Nickelgehalt im Gärsubstrat (siehe Anhangtabelle 11).

Ein Anstieg des Nickelgehaltes konnte bei allen drei untersuchten Varianten ohne Kosubstraten festgestellt werden. Nur die Höhe des Anstiegs variierte beträchtlich. So stieg der Gehalt bei der Variante 1103 nur um 6%, bei der Variante 1101 um 30% und bei der Variante 1102 um 100% an. Auch bei der Variante 1001 (Mais) war ein, wenn auch geringer, Anstieg zu verzeichnen.

Chromgehalte

Die Chromgehalte der untersuchten Frischgüllen variierten zwischen 1,9 mg/kg und 9,2 mg/kg. Die untersuchten Gärsubstrate aus Schweinegülle wiesen Werte zwischen 3 mg/kg und 12,3 mg/kg auf. Mit Ausnahme der Varianten 1202 (GPS) und 1003 (Mais und Mist) stieg der Chromgehalt in allen untersuchten Varianten im Gärückstand an. Die Variante 1201 und 1203 (beide Mais und Getreide) zeigten mit maximal 4% den geringsten Anstieg. Um 25% bis 45% stieg der Chromgehalt im Gärrest der Varianten 1001 und 1002 (beide Mais), sowie der Variante 1101 (ohne Gärsubstrat) an. Die höchsten Anstiege der Chromgehalte in den Gärresten wiesen die beiden Varianten ohne Kosubstrate (1102 und 1103) auf (siehe Anhangtabelle 11).

Den höchsten Wert aller untersuchten Gärsubstrate zeigte, mit 12,28 mg/kg die Variante 1001 (Mais). Im Gegensatz dazu wies das Gärsubstrat der Variante 1203 (Mais und Getreide), mit 3,04 mg/kg den geringsten Chromgehalt auf.

Auffallend war hier, dass das Gärsubstrat der einen Variante ohne Kosubstrate (1103) gegenüber den anderen beiden (1101 und 1102) einen signifikant niedrigeren Chromgehalt aufwies.

Zinkgehalte

Die Zinkgehalte der Frischgülle und Gärsubstrate schwankten zwischen 254 mg/kg und 1210 mg/kg. Bis auf drei Varianten (1001, 1101 und 1103) sank der Zinkgehalt bei allen übrigen untersuchten Varianten im Gärsubstrat ab. Das Maß der Reduktion war allerdings sehr unterschiedlich. So halbierte sich beispielsweise der Zinkgehalt im Gärsubstrat der Variante 1201 (Mais und Getreide). Auf der anderen Seite wiesen die Varianten 1002 (Mais), 1102 (ohne Kosubstrat) und 1203 (Mais und Getreide) mit ca. 7% eine vergleichsweise geringe Reduktion des Zinkgehaltes auf (siehe Anhangtabelle 11).

Aber auch die Erhöhungen der Gehalte in den Gärsubstraten waren sehr verschieden. So stieg der Chromgehalt im Gärsubstrat der Variante 1001 (Mais) um 83%, bei der Variante 1103 (ohne Kosubstrat) um 33% und bei der Variante 1101 (ebenfalls ohne Kosubstrat) um nur 8% an.

Es fiel auf, dass die beiden Varianten 1102 und 1103 (beide ohne Kosubstrate) signifikant unterschiedliche Chromgehalte im Gärsubstrat aufwiesen.

Kaliumgehalte

Die Kaliumgehalte der Frischgülle und Gärsubstrate lagen zwischen 5,9 g/100g und 18,5 g/100g. Dabei sank bei vier der untersuchten Varianten der Kaliumgehalt im Gärsubstrat, im Vergleich zur entsprechenden Frischgülle um 20% bis 30% ab. Bei der Variante 1202 (GPS) geschah dies mit 47% in ungleich stärkerem Maße. Mit Abstand die auffälligste Verringerung zeigte die Variante 1002 (Mais). Hier war der Kaliumgehalt im Gärrest dreimal geringer als in der entsprechenden Frischgülle (siehe Anhangtabelle 12).

Es waren allerdings auch Anstiege zu verzeichnen. Bei zwei der Varianten ohne Kosubstrate stieg der Kaliumgehalt um 30% bis 40% an, wohingegen bei der Variante mit Mais und Mist (1003) der Gehalt im Gärsubstrat nur um 10% anstieg.

Beim Vergleich der Kaliumgehalte der Gärsubstrate zeigte die Variante 1003 (Mais und Mist) mit 15,2 g/100g den höchsten Wert. Im Gegensatz dazu zeigte die Variante 1202 (GPS), den signifikant geringsten Kaliumgehalt auf.

Auffällig war, dass sich der Kaliumgehalt der Variante 1101 signifikant von dem Gehalt der anderen beiden Varianten ohne Kosubstrate unterscheidet (1102 und 1103).

Magnesiumgehalte

Die Magnesiumgehalte der Schweinegülle schwankten zwischen 9,1 g/100g und 22,7 g/100g. Die entsprechenden Gärsubstrate wiesen hingegen Magnesiumgehalte zwischen 7,6 g/100g und 32,2 g/100g auf. Beim Vergleich der Magnesiumgehalte der Gärsubstrate mit jenen der Frischgülle fiel auf, dass bei den zwei Varianten mit Mais (1001 und 1002) der Magnesiumgehalt anstieg. Allerdings verdreifachte sich der Gehalt bei der Variante 1002, während er bei der Variante 1001 nur um 14% anstieg. Die Variante 1003 (Mais und Mist) zeigte einen 40%igen Anstieg des Magnesiumgehaltes im Gärsubstrat, wohingegen die Anstiege bei den Varianten 1102, 1103 und 1203 nur sehr gering waren (1% bis 5%) (siehe Anhangtabelle 12).

Eine Reduktion war bei den Varianten 1101 (ohne Kosubstrat), 1201 (Mais und Getreide) und 1202 (GPS) zu erkennen. Auch hier traten große Unterschiede auf. So reduzierte sich der Magnesiumgehalt im Gärsubstrat der Variante 1101 (ohne Kosubstrate) nur um 9%, wohingegen sich der Gehalt bei den Varianten 1201 (Mais und Getreide) und 1202 (GPS) mehr als halbierte.

Den höchsten Magnesiumgehalt zeigte der Gärrückstand der Variante 1002 (Mais). Die Variante 1202 (GPS) zeigte mit 7,6 g/100g gegenüber den übrigen Varianten den signifikant niedrigsten Wert. Ausnahme bildeten die Varianten 1001 (Mais), 1201 (Mais und Getreide) und 1203 (Mais und Getreide).

Phosphorgehalte

Die Phosphorgehalte der Gärrückstände und Frischgülle aus Schweinegülle variierten zwischen 27 mg/g und 60 mg/g. Bei allen Varianten war ein Anstieg des Phosphorgehaltes im Gärsubstrat zu erkennen. Einzige Ausnahmen bildeten die Gärrückstände der Varianten 1101 (ohne Kosubstrate), 1202 (GPS) und 1203 (Mais und Getreide). Die Anstiege schwankten hier zwischen 5% und 45% (siehe Anhangtabelle 12).

Auffällig war hier die Tatsache, dass die beiden Gärsubstrate mit Mais und Getreide (1201 und 1203) signifikant unterschiedliche Phosphorgehalte aufwiesen. Dasselbe galt für die Variante ohne Kosubstrat 1102 und 1101.

Phosphorgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Der Phosphorgehalt der pflanzenverfügbaren Fraktion schwankte bei den Frischgülle aus Schweinegülle zwischen 0,06 kg/dt und 0,28 kg/dt. Die Gärsubstrate wiesen hingegen Werte zwischen 0,04 kg/dt und 0,18 kg/dt auf. Beim Vergleich der Werte der Frischgülle mit den entsprechenden Gärsubstraten fällt auf, dass nur bei zwei Varianten ein Anstieg im Gärsubstrat zu verzeichnen war. Dieses waren die Varianten 1101 (ohne Kosubstrat) und 1003 (Mais und Mist) (siehe Anhangtabelle 12). Der Anstieg schwankte hier zwischen 40% und 70%. Bei weiteren drei Varianten (1002, 1202 und 1203) waren kaum Veränderungen im Bezug auf den Phosphorgehalt zu erkennen. Bei vier der untersuchten neun Varianten hingegen konnte eine Verringerung des Phos-

phorgehalt der pflanzenverfügbaren Fraktion beobachtet werden. Dabei halbierte sich der Gehalt im Gärsubstrat der Varianten 1201 (Mais und Getreide) und 1102 (ohne Kosubstrate), während die Werte bei den Varianten 1001 (Mais) und 1103 (ohne Kosubstrate) nur um ca. 30% bis 50% absanken.

Den geringsten Phosphorgehalt aller untersuchten Gärsubstrate zeigte die Variante 1001 (Mais), welche auch den geringsten Gehalt der Frischgülle aufwies. Mit Ausnahme der Varianten 1102 (ohne Kosubstrat), 1202 (GPS) und 1203 (Mais und Getreide) waren die Werte der übrigen Varianten signifikant höher.

Im Gegensatz dazu zeigte die Variante 1103 (ohne Kosubstrat) mit 0,18 kg/dt den höchsten Gehalt der Gärsubstrate.

Weiterhin fällt auf, dass die Variante 1102 (ohne Kosubstrat) signifikant niedrigere Gehalte aufwies als die beiden übrigen untersuchten Gärrückstände ohne Kosubstrate (1101 und 1103). Aber auch die beiden Gärsubstrate der Kombination mit Mais waren in dieser Hinsicht signifikant verschieden.

Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Die Kaliumgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion schwankte in den untersuchten Gärsubstraten und ihren Frischgülle zwischen 0,14 kg/dt und 0,7 kg/dt. Beim Vergleich der Werte der Frischgülle mit jenen der Gärsubstrate zeigte sich hier bei allen Varianten ein mehr oder weniger starker Anstieg. Auffällig waren in diesem Zusammenhang die beiden Varianten mit Mais (1001 und 1002). Hier verdreifachte sich der Kaliumgehalt im Gärsubstrat. Weitaus geringere Anstiege waren bei den Varianten ohne Kosubstrate (1101, 1102 und 1103) zu verbuchen. Hier wuchs der Kaliumgehalt im Gärrückstand um 10% bis 40% an (siehe Anhangtabelle 12).

Annähernd keine Veränderung zeigte sich bei den Gärsubstraten der Varianten mit Mais und Getreide (1201 und 1203).

Die einzige Variante bei der der Kaliumgehalt im Gärsubstrat geringer war als in der Frischgülle war jene mit GPS (1202). Hier sank der Gehalt im Gärrückstand um ca. 30% ab.

Beim Vergleich der Kaliumgehalte der Gärsubstrate, zeigte die Variante 1101 (ohne Kosubstrat) mit 0,68 kg/dt den höchsten Wert. Auch die Frischgülle dieser Variante zeigte den höchsten Kaliumgehalt der pflanzenverfügbaren Fraktion. Den niedrigsten Wert von 0,24 kg/dt, wies die Variante mit GPS (1202) auf.

Zu bemerken ist darüber hinaus, dass die Kaliumgehalte der Gärreste von zwei Varianten mit Mais (1001 und 1002) signifikante Unterschiede aufwiesen.

Antibiotika

In den Gülle- und Gärsubstratproben konnten die Antibiotika-Rückstände von Sulfadiazin und N4-Acetyl-Sulfadiazin mittels LC-MS/MS (Applied Biosystems) nachgewiesen werden (Tabelle 12). Die Konzentrationen waren insgesamt niedrig. Unterschiede im Antibiotika-Gehalt zwischen Schweinegülle und Gärsubstraten waren uneinheitlich.

Tabelle 12: Mittelwerte des Sulfadiazins (SDZ) und des N4-Acetyl-Sulfadiazins (N4-Ac-SDZ) aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS) (nicht nachweisbare Proben sind mit N.N. gekennzeichnet)

Gärsubstrat	Kombination	SDZ (mg/kg) FG	SDZ (mg/kg) GS	N4-Ac-SDZ (mg/kg) FG	N4-Ac-SDZ (mg/kg) GS
SG Mais	1001	N.N.	N. N.	N. N.	N. N.
SG	1101	N.N.	N. N.	N. N.	N. N.
SG Mais Getreide	1201	N. N.	N. N.	N. N.	N. N.
SG Mais	1002	0,685	1,01	0,016	0,051
SG	1102	2,820	1,593	0,209	0,318
SG GPS	1202	0,002	0,002	0,036	0,011
SG Mist Mais	1003	0,015	0,006	0,109	0,023
SG	1103	0,049	0,128	0,002	0,023
SG Mais Getreide	1203	0,003	0,002	0,002	0,002

8 Ergebnisse der Gefäßversuche

Zur Klärung der Frage, ob die Applikationen der verschiedenen Gärrückstände unterschiedliche Auswirkungen auf die Boden- und Ertragsparameter hatten, wurden die Gärsubstrate unterschiedlicher Gülle-Herkunft (Rinder-, Schweine- und Mischgülle) im Vergleich zueinander statistisch verglichen. Die Analyseergebnisse sind im Anhang aufgeführt. Die N_{\min} -Gehalte wurden in kg/ha nach folgender Formel umgerechnet

$$N_{\min} \text{ (kg/ha)} = T \text{ (cm)} * Ld \text{ (g/cm}^3\text{)} * N_{\min} \text{ (mg/100g)}$$

Dabei wurde die Tiefe (T) des Ah-Horizontes mit 30cm angegeben und von einer mittleren Lagerungsdichte (Ld) von 1,5 ausgegangen.

Die statistischen Analysen wurden nur für die Gärsubstratvarianten untersucht, da es zu klären galt, welche Auswirkungen die verschiedenen Gärsubstrate auf die ausgewählten Parameter haben und nicht in wie weit die Gärsubstrate für Veränderungen gegenüber mineralisch gedüngten Varianten verantwortlich sind.

8.1 Sommergerste (2005)

Hier werden die Auswirkungen der Düngung mit den verschiedenen Gärsubstraten auf Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Dabei werden die jeweiligen Gülletypen (Rinder-, Schweine- und Mischgülle) separat behandelt.

8.1.1 Mischgülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Mischgülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurde.

8.1.1.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der Böden lagen bei jeder verwendeten Variante im schwach sauren Bereich und schwanken nur gering (zwischen 6,4 und 6,6) (siehe Anhangtabelle 79), so dass keinerlei Signifikanzen ausgewiesen werden konnten. Zwar lag der pH-Wert bei der Kontrollvariante (mit NPK) mit 6,1 niedriger als jene mit den Mischgülle-Gärsubstraten gedüngten Böden, jedoch war diese Differenz zu vernachlässigen (siehe Anhangtabelle 13).

Auch beim C/N-Verhältnis der Böden, welches durchgängig zwischen 11 und 12 lag, waren keinerlei auffallende Unterschiede zu erkennen (siehe Anhangtabelle 2). Die Stickstoffgehalte der Gärsubstratvarianten wiesen ebenfalls keinerlei signifikante Unterschiede auf. Allerdings variierten sie recht stark (siehe Anhangtabelle 79). So zeigte die Variante Mais, Mist, Gras und Getreide mit ca. 89 kg/ha im Vergleich zur Variante Mais, Mist und Gras mit nur 41 kg/ha einen wesentlich höheren Stickstoffgehalt auf. Bei der NPK-Variante war der Stickstoffgehalt noch geringer (30 kg/ha) (siehe Anhangtabelle 13).

Die C_{org} -Gehalte schwankten nur unerheblich und wiesen daher auch keinerlei signifikante Unterschiede auf. Die Schwermetallgehalte in den Böden lagen bei allen verwendeten Gärsubstraten aus den Mischgüllen im Normbereich (vgl. BLUME 2004). Signifikante Unterschiede zwischen den Böden die mit Gärsubstraten gedüngt wurden traten bei keinem der untersuchten Schwermetalle auf (siehe Anhangtabelle 13).

Auch im Bezug auf die untersuchten Nährstoffe konnte in den Böden keinerlei signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Allerdings wiesen die Varianten, welche mit Gärsubstrat gedüngten wurden, wesentlich höhere Nährstoffgehalte auf als diejenigen, die mineralisch gedüngt wurden. So schwankte der Phosphorgehalt in den mit Gärsubstrat gedüngten Böden zwischen 31 mg/100g und 41 mg/100g, wohingegen die NPK-Variante nur 24 mg/100g Phosphor aufwies. Laut den Faustzahlen nach HYDRO AGRI (1993) fallen die Werte in die Gehaltsklasse C. Die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide lag somit in der Gehaltsklasse E, während die übrigen beiden Gärsubstratvarianten Bodengehalte der Klasse D aufwiesen (siehe Anhangtabelle 13).

Die Kaliumgehalte schwankten in den Böden der Gärsubstratvarianten zwischen 37 mg/100g und 48 mg/100g. Auch hier war die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide nach HYDRO AGRI (1993) in der Gehaltsklasse E anzusiedeln während die übrigen beiden Werte der Klasse D zugeordnet werden konnten. Die NPK-Variante zeigte einen wesentlich geringeren Wert und lag mit 21 mg/100g daher in der Gehaltsklasse C.

Die Magnesiumgehalte der Böden aller Varianten lagen hier in der Gehaltsklasse E (siehe HYDRO AGRI 1993). Trotzdem unterschied sich die Variante NPK von den Varianten mit Gärsubstraten um 4 mg/100g.

8.1.1.2 Pflanzenparameter

Die Biomassedaten der verschiedenen Varianten der Gärsubstrate aus Mischgülle unterschieden sich nur geringfügig, sowohl was die Biomasse der potentiellen Ernterückstände (Stroh) als auch das eigentliche Korn betraf. Auffällig war allerdings, dass die mineralisch gedüngte Variante mehr als doppelt so hohe Kornerträge aufwies, als die Varianten, die mit Gärsubstraten aus Mischgülle gedüngt worden waren. Der Rohproteingehalt im Korn lag bei der Variante mit Mais und Mist mit 14,4% um rund 5% niedriger als jener der anderen beiden Varianten sowie gegenüber der NPK-Variante.

Bei allen Varianten lagen die Gehalte aller untersuchten Schwermetalle im normalen Bereich. Bei den Schwermetallgehalten im Korn waren nur für das Spurenelement Zink signifikante Unterschiede festzustellen. Hier wies die Variante Mais und Mist einen signifikant höheren Wert auf als die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide. Darüber hinaus war der Zinkgehalt in den Körnern der NPK-Variante mit 45,9 mg/kg wesentlich höher als jene Gehalte der Gärsubstratvarianten (siehe Anhangtabelle 14).

Signifikante Unterschiede der Chromgehalte im Stroh der Gerste traten zwischen Varianten Mais, Mist, Gras und Getreide und der Variante Mais und Mist auf.

Auch im Bezug auf den Nickelgehalt waren im Stroh zwischen zwei Gärsubstratvarianten signifikante Unterschiede zu beobachten. Die Variante mit Mais, Mist und Gras wies mit 4,5 mg/kg viermal höhere Werte auf als die übrigen beiden. Auch die NPK-Variante zeigte mit 3,4 mg/kg vergleichsweise hohe Nickelgehalte im Stroh (siehe Anhangtabelle 15, 16).

Die Variante mit Mais und Mist zeigte gegenüber der Variante Mais, Mist und Gras einen signifikant höheren Zinkgehalt im Stroh.

Weiterhin bleibt festzuhalten, dass die NPK-Variante im Vergleich zu den Gärsubstratvarianten einen auffallend geringeren Bleigehalt im Stroh aufwies.

8.1.2 Rindergülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Rindergülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante mit handelsüblichem NPK-Dünger.

8.1.2.1 Bodenparameter

Der pH-Wert der Böden wies beim Vergleich der Gärsubstratvarianten einen signifikanten Unterschied zwischen der Variante Mais und Getreide und der Variante Mais, Gras und Mist auf, wobei erstere mit 6,8 den höchsten und letztere mit 6,5 den geringsten pH-Wert aufwies (siehe Anhangtabelle 5). Auf Grund der Tatsache, dass die Differenz doch relativ gering war, kann diese Signifikanz ignoriert werden. Die NPK-Variante allerdings hatte mit 6,1 doch einen vergleichsweise deutlich geringeren pH-Wert.

Die C/N-Verhältnisse in den Böden hingegen wiesen keinerlei Signifikanzen auf (siehe Anhangtabelle 6). So schwankten die C/N-Verhältnisse der Varianten (inklusive der NPK-Variante) zwischen 12 und 13 (siehe Anhangtabelle 17).

Die Stickstoffwerte wiesen hier wesentliche Unterschiede in den Böden der Gärsubstratvarianten auf. Die Variante mit Mais (129 kg/ha) hatte den signifikant höchsten und im Vergleich dazu die Variante mit Mais, Gras und Getreide den signifikant niedrigsten Wert (4 kg/ha). Die NPK-Variante zeigte einen ebenso großen N-Gehalt wie die übr-

gen beiden Gärsubstratvarianten (Mais und Gras; Mais und Getreide) (siehe Anhangtabelle 17).

Die C_{org} -Gehalte der Böden zeigten keinerlei signifikante Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 17).

Die Schwermetallgehalte aller untersuchten Böden befanden sich im Normbereich. Beachtenswert waren allerdings die Zinkgehalte die mit 52 mg/kg bis 59 mg/kg an der oberen Grenze des durch BLUME (2004) definierten „normalen“ Bereichs lagen. Signifikante Unterschiede traten nur bei den Chromgehalten der Böden auf. Dabei zeigte die Variante Mais mit Gras mit 18 mg/kg den signifikant niedrigsten Chromgehalt und die Variante mit Mais und Getreide mit 26 mg/kg den signifikant höchsten Wert auf. Einen noch höheren Wert hatte mit 31 mg/kg die NPK-Variante (siehe Anhangtabelle 18).

Die Bleigehalte der Böden waren nicht signifikant voneinander verschieden, allerdings wiesen alle einen leicht höheren Wert auf als die NPK-Variante.

Die Magnesium- und Phosphorgehalte in den untersuchten Böden, welche mit Gärsubstraten gedüngt worden waren, zeigten keinerlei signifikante Unterschiede (siehe Anhangtabelle 8). Die NPK-Variante hatte im Vergleich zu den Gärsubstratvarianten mit nur 24 mg/100g einen auffallend geringeren Wert und lag damit, im Unterschied zu den Böden der Gärsubstratvarianten, nicht in der Gehaltsklasse D. Im Gegensatz dazu befanden sich die Magnesiumgehalte aller untersuchten Böden in der Gehaltsklasse E.

Größere Unterschiede zeigten sich allerdings bei den Kaliumgehalten der Böden (siehe Anhangtabelle 8). So wies die Variante Mais, Mist und Gras mit 27 mg/100g den signifikant niedrigsten Wert auf, lag aber mit der Variante Mais und Getreide sowie der Variante Mais und Gras in der Gehaltsklasse D (vgl. Hydro Agri, 1993). Die Variante Mais hingegen zeigte mit 43 mg/100g den signifikant höchsten Kaliumgehalt und lag als einzige Variante in der Gehaltsklasse E. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die NPK-Variante mit 21 mg/100g einen vergleichsweise geringen Kaliumgehalt aufwies (Gehaltsklasse C).

8.1.2.2 Pflanzenparameter

Die Biomassedaten der verschiedenen Gärsubstrate zeigten keinerlei signifikante Unterschiede weder bei der Betrachtung des Korns und des Strohs. Auffällig ist, dass die Biomasse des Strohs der NPK-Variante im Vergleich zu den Gärsubstratvarianten wesentlich geringer und beim Korn leicht höher war.

Auch der Rohproteingehalt des Korns der verschiedenen Varianten zeigte keine Signifikanzen obwohl die Variante Mais, Mist und Gras im Vergleich zu den übrigen Gärsubstratvarianten einen 10%ig höheren Wert aufwies.

Die Gehalte aller untersuchten Schwermetalle, sowohl im Korn als auch im Stroh, bewegten sich ausnahmslos im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004).

Signifikante Unterschiede traten bei den Nickelwerten im Stroh und im Korn auf. Beim Stroh zeigte die Variante mit Mais den signifikant höchsten Wert, wohingegen die Variante Mais, Mist und Gras den signifikant niedrigsten Gehalt zeigte. Gegenüber den Gärsubstratvarianten hatte die NPK-Variante mit einem Wert von 3,4 mg/kg einen doppelt so hohen Nickelgehalt im Stroh.

Beim Korn zeigte Variante Mais mit Getreide den signifikanten höchsten Wert auf. Mit 1,2 bzw. 1.1 mg/kg warteten die Variante mit Mais und die Variante mit Mais, Mist und Gras mit den signifikant niedrigsten Nickelgehalten auf.

Weitere Signifikanzen ergaben sich zwischen den Gärsubstratvarianten beim Bleigehalt im Stroh. Hier zeigte die Variante mit Mais mit 0,8 mg/kg einen signifikant höheren Gehalt als die Variante Mais, Mist und Gras. Auch die NPK-Variante lag im ähnlich niedrigen Bereich.

8.1.3 Schweinegülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Schweinegülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante, die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt worden war.

8.1.3.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der drei Gärsubstratvarianten schwankten zwischen 6,2 und 6,4. Im Vergleich dazu war der pH-Wert der NPK-Variante mit 6,1 etwas geringer (siehe Anhangtabelle 9). Die Stickstoffgehalte wiesen zwar keine signifikanten Unterschiede auf, variierten trotzdem merklich zwischen 44 kg/ha (Variante ohne Kosubstrate) und 85 kg/ha (Variante mit Mais). Die NPK-Variante zeigte im Vergleich zu den Gärsubstratvarianten einen deutlich geringeren Stickstoffgehalt (30 kg/ha) auf.

Die C/N- Verhältnisse lagen auch hier zwischen 12 und 14, es bestanden also nur geringe Unterschiede (siehe Anhangtabelle 21).

Die C_{org}-Gehalte lagen bei allen untersuchten Varianten um 1% und wiesen daher keine signifikanten Unterschiede auf.

Mit Ausnahme der Zinkgehalte lagen die Werte der Schwermetalle der hier untersuchten Böden im „normalen“ Bereich (siehe Anhangtabelle 21). Die Zinkgehalte der Böden lagen mit 50 mg/kg bis 60 mg/kg zwar knapp über dem von BLUME (2004) definierten „normalen“ Bereich, überschritten aber keine geltenden Grenzwerte. Signifikante Unterschiede zwischen den Gärsubstratvarianten waren nur bei den Cadmiumgehalten vorzufinden. Hier zeigte die Variante ohne Kosubstrat mit 0,18 mg/kg den signifikant höchsten und die Variante mit Mais und Getreide den signifikant niedrigsten Cadmiumgehalt. Allerdings sind diese Signifikanzen höchst fraglich, da sich die Werte nur ge-

ringförmig unterschieden. Außerdem fällt auf, dass die NPK-Variante um 10 mg/kg höhere Chromgehalte aufwies, als die Gärsubstratvarianten.

Die Nährstoffgehalte der untersuchten Böden zeigten keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 12). So lagen die Kalium- und Phosphorgehalte alle in der Gehaltsklasse C (vgl. HYDRO AGRI, 1993). Im Bezug auf Magnesium waren die Werte der Böden wesentlich höher und befanden sich ausnahmslos in der Gehaltsklasse E. Auffallend ist, dass die Variante mit Mais mit 62 mg/100g leicht höher lag als die Gehalte der Böden der übrigen Varianten (einschließlich der NPK-Variante).

8.1.3.2 Pflanzenparameter

Hier zeigte die Variante mit Mais einen signifikant höheren Kornertrag gegenüber der Variante mit Mais und Getreide. Die Biomasse des Strohs wies zwischen den Gärsubstratvarianten keinerlei Signifikanzen auf. Die Biomasse der NPK-Variante war jedoch nur halb so groß.

Die Rohproteingehalte schwankten zwischen 23,8% (Variante mit Mais) und 18,9% (Variante mit Mais und Getreide). Diese beiden Varianten unterschieden sich in diesem Zusammenhang signifikant.

Die Schwermetallgehalte in der Gerste lagen ausnahmslos im Normbereich (vgl. BLUME, 2004). Auch signifikante Unterschiede traten nicht auf. Trotzdem fällt zum Beispiel bei Chrom auf, dass die NPK-Variante im Vergleich zu den Gärsubstratvarianten leicht höhere Chrom- und Kupfergehalte im Stroh aufwies. Die Nickelgehalte im Stroh der NPK-Variante waren sogar drei- bis viermal höher. Der Zinkgehalt im Stroh der Variante mit Mais war, gegenüber dem Gehalt der Variante ohne Kosubstrat, ähnlich wie bei den Bodengehalten, leicht erhöht (siehe Anhangtabelle 22-24).

Die Chromgehalte im Korn der Variante ohne Kosubstrate war mit 1,1 mg/kg doppelt so hoch wie jene Gehalte in der Variante mit Mais und Getreide, und der NPK-Variante. Die Zinkgehalte im Korn der Variante Mais und Getreide war viermal so hoch wie jene der beiden übrigen Gärsubstratvarianten.

8.2 Ölrettich

8.2.1 Mischgülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Mischgülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante, die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurde.

8.2.1.1 Bodenparameter

Die pH-Werte lagen bei allen gemessenen Varianten im schwach sauren Bereich. Dabei unterschieden sich die Varianten Mais, Mist, Gras und Getreide signifikant von der Variante mit Mais und GPS (siehe Anhangtabelle 25). Allerdings waren die Unterschiede sehr gering, was die errechnete Signifikanz relativiert. Auch die C/N-Verhältnisse der Böden variierten nur geringfügig und lagen um 10. Bei den C_{org} -Gehalten konnten abermals keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, jedoch lag der Gehalt der Variante Mais und GPS mit 2,6% mehr als doppelt so hoch wie der Gehalt der beiden anderen Gärsubstratvarianten und der NPK-Variante (siehe Anhangtabelle 25).

Die Stickstoffgehalte schwankten zwischen 15 kg/ha und 24 kg/ha bei den Gärsubstratvarianten, wobei die Variante mit Mais signifikant niedrigere Stickstoffgehalte aufwies als die beiden anderen. Die NPK-Variante lag mit 12 kg/ha noch niedriger (siehe Anhangtabelle 25).

Die Schwermetallgehalte der Böden, welche mit Gärsubstraten gedüngt wurden, lagen alle innerhalb des Normbereichs (vgl. BLUME, 2004). Ausnahmen stellten die Zinkgehalte aller drei Varianten dar. Hier lagen die Werte leicht oberhalb der Grenze von 50 mg/kg. Es fällt auf, dass sich die Variante mit Mais (61 mg/kg) von den beiden anderen doch mehr oder weniger deutlich nach oben absetzte (siehe Anhangtabelle 26).

Die Cadmiumgehalte lagen alle im Bereich von 0,2 mg/kg, so dass die errechneten signifikanten Unterschiede zwischen der Variante Mais und der Variante Mais, Mist, Gras und Getreide zu vernachlässigen sind. Anders sah es bei den Chromgehalten aus. Auch hier zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den eben erwähnten Varianten. Allerdings unterschieden sich die Werte doch recht deutlich, so dass die Variante mit Mais signifikant höhere Chromgehalte aufwies, als die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide.

Die Differenzen der Kupfer- und Bleigehalte der untersuchten Varianten (inklusive der NPK-Variante) streuten nur gering. Folglich sind die auftretenden Signifikanzen bei den Bleigehalten zu ignorieren.

Die Nickelgehalte der Böden der Gärsubstratvarianten zeigten auch signifikante Unterschiede, die ebenfalls nur gering waren und daher vernachlässigbar sind. Was auffällt ist, dass die NPK-Variante mit 35 mg/kg dreimal so hohe Gehalte aufwies als die Gärsubstratvarianten.

Bei den Nährstoffgehalten der Böden konnten keine signifikanten Unterschiede ausgemacht werden, so dass die Magnesiumgehalte aller Varianten in der von HYDRO AGRI (1993) definierten Gehaltsklasse E und die Phosphorgehalte aller Varianten in der Gehaltsklasse B lagen. Einzige Auffälligkeit zeigte der Kaliumgehalt der Variante mit Mais. Dieser lag im Vergleich zu den übrigen Varianten in der Gehaltsklasse D (siehe Anhangtabelle 26-28).

Auch die hier untersuchten bodenbiologischen Parameter, Stickstoffnettonmineralisationsrate und alkalische Phosphataseaktivität, zeigten keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 29)

8.2.1.2 Pflanzenparameter

Weder die oberirdische noch die unterirdische Biomasse zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den untersuchten Varianten (siehe Anhangtabelle 95). Auch bei den Stickstoffgehalten der Biomasse konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten herausgestellt werden.

Bei allen untersuchten Schwermetallen, mit Ausnahme von Kupfer und Nickel konnte in der Biomasse kein signifikanter Unterschied der einzelnen Varianten festgestellt werden (siehe Anhangtabelle 26). Allerdings waren die Cadmiumgehalte der NPK-Variante doppelt so hoch wie jene der Gärsubstratvarianten. Die Chromgehalte aller hier untersuchten Biomasse (sowohl oberirdisch als auch unterirdisch) lagen oberhalb des nach BLUME (2004) definierten „normalen“ Bereichs. So zeigte die Variante mit Mais und GPS in den oberirdischen Pflanzenteilen einen doppelt so hohen Wert wie die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide und sogar einen fünffach höheren Wert als die NPK-Variante. Im Gegensatz dazu wies die unterirdische Biomasse der Variante mit Mais und GPS den geringsten Chromgehalt auf. Die Gehalte der Variante mit Mais und Gras in der unterirdischen Biomasse lagen doppelt so hoch (9,3 mg/kg).

Der Bleiwert in der oberirdischen Biomasse der Variante Mais und Gras mit 2 mg/kg war doppelt so hoch wie der entsprechende Wert der Variante Mais und GPS. Auch in der unterirdischen Biomasse waren ähnliche Verhältnisse zu erkennen.

Bei den Kupfer- und Nickelgehalten der oberirdischen Biomasse zeigte sich, dass die Variante mit Mais und GPS signifikant niedrigere Gehalte aufwiesen als die Variante Mais, Mist, Gras und Getreide (5,7 mg/kg Kupfer; 1,2 mg/kg Nickel).

Die Nickel- und Chromgehalte der unterirdischen Biomasse wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Jedoch zeigte sich, dass hier die Variante mit Mais und Gras jeweils die höchsten und die Variante mit Mais und GPS die jeweils niedrigsten Werte der Gärsubstratvarianten aufwies. Die NPK-Variante hatte die niedrigsten Gehalte an Nickel und Kupfer.

Außerdem ist noch zu erwähnen, dass die Nickelgehalte in der unterirdischen Biomasse bei der Variante mit Mais und Gras und jener mit Mais, Mist, Gras und Getreide außerhalb des von BLUME (2004) definierten „normalen“ Bereichs für Pflanzen lagen.

8.2.2 Rindergülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Rindergülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt worden war.

8.2.2.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der untersuchten Böden wiesen keinerlei signifikanten Unterschiede auf und lagen alle im schwach sauren Bereich (siehe Anhangtabelle 30).

Auch die C/N-Verhältnisse unterschieden sich nur geringfügig und schwankten somit ausnahmslos um den Wert zehn (siehe Anhangtabelle 96). Die Stickstoffgehalte hingegen wiesen sehr wohl große Unterschiede auf. So waren die Stickstoffgehalte der Variante mit Mais und die Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot mit 31 kg/ha doppelt so hoch wie jene der Variante mit Gras, Getreide und GPS (14 kg/ha). Einen noch niedrigeren Stickstoffgehalt zeigte mit 12 kg/ha die NPK-Variante (siehe Anhangtabelle 30)

Die C_{org} -Gehalte der hier untersuchten Varianten zeigten keinerlei Auffälligkeiten und lagen alle zwischen 1% und 1,2%. Dies galt auch für die alkalische Phosphataseaktivität und die Nettomineralisationsrate (siehe Anhangtabelle 30).

Die Schwermetallgehalte der Böden waren alle im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004). Einzige Ausnahmen bildeten die Zinkgehalte der Variante Mais, Gras und Getreide und der Variante Mais, Gras Getreide und GPS. Diese lagen mit 58 mg/kg knapp oberhalb des definierten normalen Bereichs. Die Cadmium- und die Kupfergehalte wiesen keinerlei Besonderheiten auf (siehe Anhangtabelle 31).

Die Chromgehalte der Böden der Variante mit Mais, Gras und Getreide waren im Vergleich zu jenen der Variante Mais und der Variante Mais, Mist, Gras und GPS signifikant geringer. Den höchsten Chromgehalt hatte allerdings die NPK-Variante.

Die Nickelgehalte der Böden der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot waren signifikant höher als jene der Variante mit Gras, Getreide und GPS. Auch der Nickelgehalt der NPK-Variante war ähnlich hoch wie jener der Variante mit Hühnertrockenkot. Aber die Gehalte der übrigen Gärsubstratvarianten waren im Verhältnis zu diesen beiden Variante wesentlich geringer.

Bei den Bleigehalten der untersuchten Böden zeigten sich zwar signifikante Unterschiede, welche allerdings auf Grund der geringen Differenz der Werte zu vernachlässigen waren. Die untersuchten Böden zeigten im Bezug auf die Zinkgehalte keinerlei signifikante Unterschiede. Auffallend war allerdings, dass bei der Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS und der Variante mit Mais, Gras und Getreide die Gehalte außerhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004) lagen.

8.2.2.2 Pflanzenparameter

Die oberirdische und unterirdische Biomasse wies hier keinerlei signifikante Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 32). Auch die Stickstoffgehalte der Biomasse zeigten, ebenso wie sämtliche Schwermetallgehalte in der unterirdischen Biomasse keine Signifikanzen auf. Allerdings fiel auf, dass die Chromgehalte bei allen Varianten deutlich außerhalb des normalen Bereichs lagen.

Bei der oberirdischen Biomasse zeigte die Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS den signifikant geringsten Cadmiumgehalt (0,18 mg/kg) gegenüber der Variante Mais, Gras und Getreide (0,35 mg/kg) mit dem höchsten Gehalt. Bei den Chromgehalten der oberirdischen Biomasse traten zwar keine signifikanten Unterschiede auf, allerdings war der Gehalt der Variante Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot doppelt so hoch wie jener der Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS (siehe Anhangtabelle 98). Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Betrachtung der Bleigehalte in der oberirdischen Biomasse. Auch hier waren keine signifikanten Unterschiede ausgewiesen. Allerdings zeigte die Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot einen dreifach höheren Wert als die Variante mit Mais (siehe Anhangtabelle 32-34).

Betrachtet man die Nickelgehalte der oberirdischen Biomasse, so zeigte sich ein signifikant niedrigerer Wert der Variante mit Gras, Getreide und GPS, gegenüber der Variante mit Mais, den Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS und der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot.

8.2.3 Schweinegüllegülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Schweinegülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt worden war.

8.2.3.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der Böden zeigten zwar signifikante Unterschiede, die Differenzen der Werte waren allerdings sehr gering und sind daher außer Acht zu lassen. Ähnliches gilt für die C/N-Verhältnisse, die zwischen neun und zehn lagen. Die C_{org} -Gehalte schwankten auch nur geringfügig und lagen um 1% (siehe Anhangtabelle 35).

Die Stickstoffgehalte und Nettomineralisationsraten wiesen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten auf, obwohl die Stickstoffgehalte der Variante ohne Kosubstrate mit 22 kg/ha im Vergleich zu der Variante mit GPS und der NPK-Variante, doppelt so hoch waren (siehe Anhangtabelle 35).

Die alkalische Phosphataseaktivität der Variante mit Mais war signifikant höher als jene der Variante ohne Kosubstrate, die ähnlich geringe Werte aufwies wie die NPK-Variante (siehe Anhangtabelle 105). Die Variante mit GPS hatte ähnlich hohe Werte wie die Variante mit Mais.

Die Böden der verschiedenen Varianten zeigten im Bezug auf die Schwermetallgehalte keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 102). Jedoch fällt auf, dass die Böden der Variante ohne Kosubstrat fast doppelt so hohe Chromgehalte aufwiesen wie jene der Variante mit GPS.

Auch im Zusammenhang mit den untersuchten Nährstoffen waren keinerlei signifikanten Unterschiede zwischen den Böden der verschiedenen Varianten zu erkennen (siehe Anhangtabelle 103). So lagen die Kaliumgehalte aller Böden in der von HYDRO AGRI (1993) definierten Gehaltsklasse C, die Magnesiumgehalte aller Böden in der Gehaltsklasse E und die Phosphorgehalte aller Böden in der Gehaltsklasse B.

8.2.3.2 Pflanzenparameter

Die oberirdische Biomasse der Variante ohne Kosubstrate wies signifikant höhere Erträge auf als die Variante mit GPS (siehe Anhangtabelle 105). Auch die NPK-Variante hatte ähnlich hohe Werte. Die unterirdische Biomasse zeigte zwar keine signifikanten Unterschiede, allerdings war der Ertrag der Variante mit Mais fast doppelt so hoch wie jener der Variante mit GPS.

Die Stickstoffgehalte der ober- und unterirdischen Biomasse zeigten kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (siehe Anhangtabelle 36-39).

Die Cadmiumgehalte der oberirdischen Biomasse zeigten keinerlei erwähnenswerte Unterschiede und lagen auch Ausnahmslos im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004). Anders sah es bei den Chromgehalten der oberirdischen Biomasse aus. Hier hatte die Variante ohne Kosubstrate einen signifikant höheren Gehalt gegenüber allen übrigen untersuchten Varianten.

Die Kupfergehalte der oberirdischen Biomasse der Gärsubstratvarianten zeigten keine signifikanten Unterschiede. Allerdings lag der Wert der NPK-Variante leicht höher als bei der Variante mit GPS und der Variante ohne Kosubstrate, aber deutlich höher (fast dreimal so hoch) als der Kupfergehalt bei der Variante mit Mais.

Die signifikant höchsten Nickel- und Bleigehalte in der oberirdischen Biomasse wies die Variante ohne Kosubstrate auf. Bei Zink traten abermals keine signifikanten Unterschiede in der oberirdischen Biomasse auf. Alle in der oberirdischen Biomasse gemessenen Schwermetallgehalte lagen im „normalen“ Bereich.

Die Cadmiumgehalte der unterirdischen Biomasse zeigten ebenfalls keinerlei signifikante Unterschiede und schwankten zwischen 0,15 mg/kg und 0,2 mg/kg.

Die Chromgehalte der unterirdischen Biomasse lagen ausnahmslos außerhalb des „normalen“ Bereichs“. Signifikante Unterschiede traten auch hier nicht auf. Allerdings war der Gehalt der Variante mit GPS in diesem Zusammenhang deutlich höher als jener der NPK-Variante.

Bei den Nickelgehalten der oberirdischen Biomasse zeigte sich, dass die Variante ohne Kosubstrate signifikant niedrigere Gehalte (1,5 mg/kg) aufwies als die Variante mit GPS (3,4 mg/kg). Einen ähnlich hohen Gehalt wies die NPK-Variante auf. Der Bleigehalt der oberirdischen Biomasse der Variante mit GPS war im Vergleich mit jenem der übrigen Varianten merklich höher, aber nicht signifikant.

In Bezug auf die Zinkgehalte der oberirdischen Biomasse wies die Variante mit Mais mit 81,5 mg/kg den höchsten und die Variante ohne Kosubstrate den niedrigsten Wert auf. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

8.3 Winterweizen

8.3.1 Mischgülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Mischgülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter erläutert. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurde.

8.3.1.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der Böden der Gärsubstratvarianten zeigten keinerlei signifikante Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 106). Die NPK-Variante wies allerdings mit 6,0 im Vergleich zur Variante mit Mais und Gras (pH-Wert 6,8) einen deutlich niedrigeren Wert auf. Auch die C/N-Verhältnisse der Gärsubstratvarianten waren nicht signifikant verschieden. Sie lagen zwischen 9,6 und 11,7. Merklich weiter war das C/N-Verhältnis der NPK-Varianten (C/N 14) (siehe Anhangtabelle 106).

Die C_{org} -Gehalte der Böden der Gärsubstratvarianten wiesen mit durchschnittlich 1,3% äußerst geringe Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 106). Die NPK-Variante hatte im Vergleich dazu geringere C_{org} -Gehalte (1,1%).

Die Stickstoffgehalte der Gärsubstratvarianten schwankten zwischen 25 kg/ha (Mais und GPS) und 39 kg/ha (Mais und Gras). Signifikante Unterschiede konnten in Bezug auf diesen Parameter nicht nachgewiesen werden. Wesentlich geringer war der Stickstoffgehalt der NPK-Variante (19 kg/ha) (siehe Anhangtabelle 106).

Die alkalische Phosphataseaktivität und die Nettomineralisationsrate in den untersuchten Bodenproben zeigten keinerlei signifikante Unterschiede.

Die Schwermetallgehalte der Böden zeigten bei keinem Element und zwischen keiner Variante signifikante Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 107). Auffällig ist, dass der Chromgehalt der Variante mit Mais und GPS mit 32 mg/kg gegenüber den Gehalten der übrigen Varianten (ca. 50 mg/kg) merklich geringer war. Die Gehalte der Schwermetalle Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Blei lagen ausnahmslos im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004). Die Zinkgehalte lagen bei allen untersuchten Varianten mit 51 mg/kg bis 56 mg/kg knapp oberhalb des von BLUME (2004) definierten „normalen“ Bereichs für Böden.

Auch die untersuchten Nährstoffe wiesen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gehalte auf (siehe Anhangtabelle 108). Die Kaliumgehalte aller Varianten lagen in der Gehaltsklasse C (vgl. HYDRO AGRI, 1993), die Magnesiumgehalte in der Gehaltsklasse E und die Phosphorgehalte in der Gehaltsklasse B.

8.3.1.2 Pflanzenparameter

Die untersuchten Varianten zeigten im Bezug auf die Biomasse des Korns keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 110). Dabei wiesen die Varianten mit Mais und GPS ähnlich Werte auf. Die Werte der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide und der NPK-Variante waren zwischen 19% und 35% höher. Signifikant unterschieden sich die Werte der Variante Mais und GPS von der Variante Mais und Gras im Bezug auf die Biomasse des Strohs. Den höchsten Gehalt hatte hier allerdings die NPK-Variante.

Die Rohproteingehalte im Korn der untersuchten Varianten schwankte zwischen 13,7% und 16,5%, wobei keine signifikanten Unterschiede festzustellen waren (siehe Anhangtabelle 106).

Die Cadmium-, Blei- und Kupfergehalte im Korn wiesen weder signifikante Unterschiede auf, noch lagen sie außerhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004) (siehe Anhangtabelle 107+108).

Auch die Chromwerte im Korn zeigten keine Signifikanzen auf. Auffallend war hier, dass die Werte der Variante mit Mais und Gras und die NPK-Variante mit 1,2 mg/kg bis 1,4 mg/kg knapp oberhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004) lagen.

Die Variante Mais und Gras zeigte signifikant höhere Nickelgehalte im Korn, gegenüber der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide. Gleichzeitig zeigte die Variante mit Mais und Gras signifikant niedrigere Zinkgehalte im Korn als die Variante mit Mais mit GPS.

Die Schwermetallgehalte im Stroh des Winterweizens wiesen keinerlei signifikante Unterschiede auf. Die Chromgehalte des Strohs aller Varianten lagen allerdings mit 1,2 mg/kg (Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide) bis 1,4 mg/kg knapp oberhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004).

8.3.2 Rindergülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Rindergülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurde.

8.3.2.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der Böden der Gärsubstratvarianten zeigten keine signifikanten Unterschiede auf und lagen alle im Bereich von 6,7 bis 6,9 (siehe Anhangtabelle 111). Der Boden der NPK-Variante wies mit 6,0 einen niedrigeren pH-Wert auf. Bei den C/N-Verhältnissen der Böden zeigte sich ein ähnliches Bild (siehe Anhangtabelle 111). Hier lagen die Werte der Gärsubstratvarianten zwischen 11 und 12, wohingegen die NPK-Variante im Boden ein C/N-Verhältnis von 14 aufwies.

Auch die C_{org} -Gehalte der Gärsubstratvarianten waren nur geringfügig unterschiedlich und lagen ausnahmslos im Bereich um 1,3%. Die NPK-Variante zeigte im Vergleich dazu mit 1,1% einen niedrigeren C_{org} -Gehalt (siehe Anhangtabelle 111).

Die Stickstoffwerte der Böden der Gärsubstratvarianten wiesen keine Signifikanzen auf. Dennoch waren Unterschiede zu erkennen. So hatte die Variante mit Mais, Gras und Getreide mit 53 kg/ha einen doppelt so hohen Wert wie die Variante mit Mais und die Variante mit Gras, Getreide und GPS. Den niedrigsten Stickstoffgehalt im Boden zeigte die NPK-Variante mit 19 kg /ha (siehe Anhangtabelle 111).

Die Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot zeigte den signifikant höchsten Wert im Bezug auf die alkalische Phosphataseaktivität (siehe Anhangtabelle 115). Auf der anderen Seite wies die Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS den signifikant niedrigsten Wert auf.

Bei der Nettomineralisationsrate waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten zu erkennen (siehe Anhangtabelle 115). Die Variante mit Mais (1,1 kg /ha*d) zeigte allerdings einen deutlich geringeren Wert als die übrigen Varianten (inklusive der NPK-Varianten), bei welcher die Raten zwischen 3,3 kg /ha*d und 5,4 kg /ha*d lagen.

Die Schwermetallgehalte der Böden aller hier untersuchten Varianten, lagen ausnahmslos im „normalen“ Bereich (vgl. Blume, 2004) und bis auf Chrom und Blei waren bei keinem Element signifikante Unterschiede zu vermerken (siehe Anhangtabelle 112).

Anzumerken bleibt allerdings, dass die Nickelgehalte der Böden bei der Variante mit Mais, Gras und Getreide und der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot (jeweils 27 mg/kg) im Vergleich zur NPK-Variante (38 mg/kg) merklich geringere Werte zeigten.

Die Chrom- und Bleigehalte der Böden der Variante mit Mais, Gras und Getreide waren signifikant niedriger als jene der Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS.

Die Kaliumgehalte der Böden lagen alle in der von HYDRO AGRI (1993) definierten Gehaltsklasse C, jedoch waren signifikante Unterschiede zu erkennen. So hatte die Variante mit Gras, Getreide und GPS einen signifikant niedrigeren Wert gegenüber der Variante mit Mais und der Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS (siehe Anhangtabelle 113).

Die Magnesiumgehalte der Böden lagen hier ausnahmslos in der Gehaltsklasse E. Signifikante Unterschiede waren zwischen den Varianten nicht zu verzeichnen. Ähnlich verhielt es sich bei den Phosphorgehalten (siehe Anhangtabelle 113). Allerdings lagen die Werte hier in der Gehaltsklasse B mit Ausnahme der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot. Hier lag der Phosphorgehalt in der Gehaltsklasse C (vgl. HYDRO AGRI, 1993).

8.3.2.2 Pflanzenparameter

Die Biomasse der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot wies den signifikant höchsten und die Variante Gras, Getreide und GPS den signifikant niedrigsten Wert auf (siehe Anhangtabelle 115). Dies galt sowohl für die Biomasse des Kornes als auch des Strohens. Nur die NPK-Variante hatte noch eine höhere Biomasse des Strohens.

Die Rohproteingehalte im Korn schwankten zwischen 11,9% und 15,9% und zeigten signifikante Unterschiede (siehe Anhangtabelle 111). So hatte die Variante mit Gras, Getreide und GPS den geringsten Proteingehalt und unterschied sich signifikant von der Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS, der Variante mit Mais, der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot, sowie von der NPK-Variante.

Die Schwermetallgehalte im Korn zeigten keine signifikanten Unterschiede und mit Ausnahme der Chromgehalte lagen alle Werte im von BLUME (2004) definierten Normbereich (siehe Anhangtabelle 112+113). Der einzige nennenswerte Unterschied fand sich bei den Nickelgehalten zwischen der Variante mit Mais und der Variante mit Gras, Getreide und GPS.

Die Chromgehalte im Korn der Variante mit Gras, Getreide und GPS, der Variante mit Mais, Gras und Getreide, der Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS, sowie der NPK-Variante lagen ausnahmslos oberhalb des Normbereichs und damit gleichzeitig im „kritischen“ Bereich für das Pflanzenwachstum (vgl. BLUME, 2004).

Auch die Schwermetallgehalte im Stroh zeigten mit Ausnahme der Cadmium- und Chromgehalte keinerlei Signifikanzen zwischen den Varianten auf. Die bei den Cadmiumgehalten aufgetretenen signifikanten Unterschiede sind auf Grund der geringen Differenzen zu vernachlässigen. Außerdem lagen alle Schwermetallgehalte im Stroh im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004).

Einzige Ausnahme waren hier wiederum die Chromgehalte einzelner Varianten. Die Chromgehalte des Strohens der Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS, der Variante Mais, Gras, Getreide und GPS, sowie der NPK-Variante lagen oberhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004). Signifikant niedrigere Chromgehalte im Stroh wies die Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS (0,4 mg/kg) gegenüber den Varianten mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot und der NPK-Variante auf.

8.3.3 Schweinegülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Schweinegülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurde.

8.3.3.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der Böden der Gärsubstratvarianten zeigten nur äußerst geringe Unterschiede zueinander auf (siehe Anhangtabelle 116). Die NPK-Variante wies im Gegen-

satz dazu allerdings einen deutlich geringeren pH-Wert auf. Die C/N-Verhältnisse aller hier untersuchten Böden schwankten zwischen 13 und 15. Signifikanzen waren in diesem Zusammenhang nicht festzustellen. Ähnliches galt für die C_{org} -Gehalte der Böden aller untersuchten Varianten (siehe Anhangtabelle 116).

Die Stickstoffgehalte der Böden wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Allerdings war der Wert der Variante ohne Gärsubstrate mit 45 kg/ha fast doppelt so hoch wie jener der übrigen Varianten (siehe Anhangtabelle 116). Die Nettomineralisationsraten und die alkalische Phosphataseaktivität zeigten keine signifikanten Unterschiede. Allerdings war die Nettomineralisationsrate der Variante mit Mais im Vergleich zu den übrigen Varianten nur halb so hoch. Bei der alkalischen Phosphataseaktivität fiel auf, dass die Gärsubstratvarianten einen sichtbar höheren Wert aufwiesen als die NPK-Variante (siehe Anhangtabelle 120).

Die Kaliumgehalte der hier untersuchten Böden schwankten zwischen 13 mg/100g und 16 mg/100g. Die Variante mit GPS und die NPK-Variante lagen in der Gehaltsklasse C und die anderen beiden in der Gehaltsklasse B. Auf Grund der Tatsache, dass die Werte nur geringe Unterschiede aufwiesen sind auch hier keine Signifikanzen zu verbuchen (siehe Anhangtabelle 118).

Die Magnesiumgehalte der Böden lagen alle in der in HYDRO AGRI (1993) definierten Gehaltsklasse E und zeigten keinerlei signifikante Unterschiede. Trotzdem hatte die Variante mit Mais einen sichtbar höheren Gehalt im Vergleich zur Variante mit GPS. Im Gegensatz dazu hatte die Variante ohne Kosubstrate einen signifikant niedrigeren Phosphorgehalt (10,0 mg/100g) gegenüber der Variante mit GPS (13,77 mg/100g). Allerdings lagen alle Phosphorgehalte der Böden in der Gehaltsklasse B.

Die Gehalte der Schwermetalle Cadmium, Chrom und Blei lagen alle im „normalen“ Bereich und wiesen keinerlei signifikante Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 117). Ganz anders sah es bei den Zinkgehalten in den Böden aus. Hier lagen alle Werte mehr oder weniger stark oberhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004). Gleichzeitig zeigte die Variante ohne Kosubstrate den signifikant höchsten und die Variante mit GPS den signifikant niedrigsten Zinkgehalt.

Auch bei Nickel traten signifikante Unterschiede auf. So wies die Variante mit GPS im Vergleich den signifikant niedrigsten und die Variante mit Mais den signifikant höchsten Nickelgehalt auf.

In den Bodenproben konnten keinerlei Antibiotika nachgewiesen werden. Daher liegt der Schluss nahe, dass entweder die aufgebrachte Menge an Antibiotika über die Gärsubstrate zu gering, oder die eingefrorenen Bodenproben zu lange gelagert waren und somit die entsprechenden Antibiotika schon bis unter die Nachweisgrenze abgebaut worden waren (vgl. LANGHAMMER, 1989).

8.3.3.2 Pflanzenparameter

Die Biomasse der Variante mit GPS wies sowohl bei der Betrachtung des Korns als auch bei der Betrachtung des Strohs den signifikant niedrigsten Wert auf während die Variante mit Mais den signifikant höchsten Wert zeigte. Im Korn war der Wert der Variante mit Mais im Vergleich zur Variante mit GPS mehr als doppelt so hoch (siehe Anhangtabelle 120).

Die Rohproteingehalte des Korns zeigten signifikante Unterschiede zwischen der Variante ohne Kosubstrat (17,9%) und der Variante mit Mais (12,2%) während der Gehalt bei der NPK-Variante bei 14,9% lag (siehe Anhangtabelle 116).

Die Chrom-, Nickel- und Bleigehalte im Korn wiesen keine signifikanten Unterschiede auf und lagen mit Ausnahme der Chromgehalte der Variante ohne Kosubstrat und dem Chromgehalt der NPK-Variante im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004). Zwar fanden sich zwischen den Chromgehalten keine signifikanten, jedoch recht deutliche Unterschiede. So war der Gehalt im Korn der Variante ohne Kosubstrate mit 2 mg/kg doppelt so hoch wie jener der Variante mit Mais (siehe Anhangtabelle 117+118).

Bei Cadmium traten im Korn zwar signifikante Unterschiede auf, die allerdings zu vernachlässigen sind, da die Werte keine großen Differenzen aufwiesen.

Bei den Kupfer- und Zinkgehalten im Korn wies die Variante ohne Kosubstrat die jeweils signifikant höchsten Werte auf. Die signifikant niedrigsten Werte im Korn zeigte im Bezug auf Kupfer hingegen die Variante mit GPS und im Bezug auf Zink die Variante mit Mais auf.

Die Schwermetallgehalte im Stroh lagen bis auf den Chromgehalt der NPK-Variante ausnahmslos im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004). Keine signifikanten Unterschiede traten bei den Gehalten im Stroh bei den Schwermetallen Kupfer und Blei auf. Die signifikanten Unterschiede bei Cadmium im Stroh sind, wie auch schon im Korn, aus denselben Gründen zu vernachlässigen (siehe Anhangtabelle 117+118).

Die Chrom- und Nickelgehalte im Stroh der Variante ohne Kosubstrate waren signifikant höher (doppelt so hoch), als jene der Variante mit GPS. Beim Spurenelement Zink wies wiederum die Variante ohne Kosubstrat den signifikant höchsten Wert im Stroh auf, welcher mit 11,8 mg/kg im Bereich der NPK-Variante lag. Den signifikant niedrigsten Wert zeigte in diesem Zusammenhang die Variante mit Mais (6,2 mg/kg).

8.4 Sommergerste (2006)

Hier werden die Auswirkungen der Düngung mit den verschiedenen Gärsubstraten auf Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Dabei werden die jeweiligen Gülletypen (Rinder-, Schweine- und Mischgülle) separat behandelt.

8.4.1 Mischgülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Mischgülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurde.

8.4.1.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der Böden lagen alle im schwach sauren Bereich und zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die C/N-Verhältnisse der Böden der Gärsubstratvarianten unterschieden sich nur geringfügig und lagen alle bei 14. Das C/N-Verhältnis der NPK-Variante hat im Vergleich dazu mit 11 ein deutlich geringeres C/N-Verhältnis (siehe Anhangtabelle 121).

Die C_{org} -Gehalte der Böden aller untersuchten Varianten lagen um 1% und zeigten daher keine erwähnenswerten Unterschiede. Die Stickstoffgehalte der Böden unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant voneinander, allerdings traten deutliche Streuungen auf. So wies die Variante mit Mais, Mist und Grünroggen mit 65 kg/ha den geringsten Wert gegenüber der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide, mit dem höchsten Stickstoffgehalt von 90 kg/ha auf. Die alkalische Phosphataseaktivität, sowie die Nettomineralisationsrate zeigten keine erwähnenswerten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 121).

Die Schwermetallgehalte der Böden aller untersuchten Varianten zeigten weder signifikante Unterschiede, noch lagen sie außerhalb des von BLUME (2004) definierten „normalen“ Bereichs, mit Ausnahme der Zinkgehalte (siehe Anhangtabelle 122). Bei diesem Element lagen alle untersuchten Böden leicht oberhalb des „normalen“ Bereichs. Die Nährstoffgehalte in den untersuchten Böden zeigten in keinem Fall signifikante Unterschiede. Daher lagen alle hier gemessenen Magnesiumgehalte in der Gehaltstufe E, alle Phosphorgehalte in der Gehaltsklasse B und alle Kaliumgehalte in der Gehaltsklasse C, mit Ausnahme der NPK-Variante. Hier lag der Kaliumgehalt des Bodens mit 13,7 mg/100g in der Gehaltsklasse B (vgl. HYDRO AGRIC, 1993) (siehe Anhangtabelle 123).

8.4.1.2 Pflanzenparameter

Die gemessenen Biomassen aller Varianten zeigten keine signifikanten Unterschiede, weder in Bezug auf das Korn noch in Bezug auf das Stroh (siehe Anhangtabelle 125). Trotzdem fiel auf, dass die Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide und die NPK-Variante im Vergleich zu den Varianten mit Mais, Mist und Grünroggen und der Variante mit Mais und Mist doppelt so hohe Erträge brachten.

Die Rohproteingehalte im Korn zeigten ebenfalls keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten (siehe Anhangtabelle 121). Gleiches gilt auch für die Gehalte aller untersuchten Schwermetalle, sowohl im Korn als auch im Stroh. Hier traten weder signifikante Unterschiede noch Überschreitungen der „normalen“ Bereiche der jeweiligen Elemente auf (siehe Anhangtabelle 122+123).

8.4.2 Rindergülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Rindergülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurden.

8.4.2.1 Bodenparameter

Die pH-Werte der untersuchten Böden sowie deren C/N-Verhältnisse ließen keine nennenswerte Unterschiede erkennen. Auch beim C_{org} -Gehalt waren keine signifikante Unterschiede vorhanden, trotzdem unterschied sich der C_{org} -Gehalt im Boden der NPK-Variante mit 1% erkennbar vom C_{org} -Gehalt der Variante mit Mais und Getreide (1,2%) (siehe Anhangtabelle 126).

Die Stickstoffgehalte der Böden schwankten innerhalb der Varianten zwischen 75 kg/ha (Variante mit Mais, Gras und Getreide) und 95 kg/ha (Variante mit Mais und Getreide) (siehe Anhangtabelle 126). Signifikante Unterschiede waren dabei allerdings nicht zu erkennen. Den niedrigsten Stickstoffgehalt zeigte die NPK-Variante (70 kg/ha). Bei der Nettomineralisationsrate, sowie der alkalischen Phosphataseaktivität traten keine signifikanten Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 130).

Die Cadmium-, Nickel-, und Zinkgehalte der untersuchten Böden wiesen ebenfalls keinerlei signifikante Unterschiede. Auffällig war allerdings, dass die Chromgehalte der Böden der Variante mit Mais ähnlich hoch war wie jene der NPK-Variante und sich somit signifikant vom Chromgehalt der Variante mit Mais, Mist, Gras und Püree (28,4 mg/kg) unterschied. Die bei Kupfer und Blei auftretenden Signifikanzen sind fraglich, da die Werte nur geringe Differenzen aufzeigten (siehe Anhangtabelle 127).

Die Phosphorgehalte der Böden lagen ausnahmslos in der Gehaltsklasse B und wiesen dabei keine signifikanten Unterschiede auf. Ein ähnliches Bild zeigten die Boden-gehalte an Magnesium, nur dass sich die Werte hier in der Gehaltsklasse E befanden.

Die Kaliumgehalte der Böden der Variante zeigten zwar keine signifikanten Unterschiede, wiesen jedoch eine erkennbare Streuung auf. So lagen die Kaliumgehalte der Variante mit Mais, Mist, Gras und Püree, der Variante mit Mais, Gras und Getreide, sowie der NPK-Variante in der Gehaltsklasse B (ca. 13 mg/100g) und die Kaliumgehalte der Böden der übrigen Varianten in der Gehaltsklasse C (zwischen 16 mg/100g und 21 mg/100g) (vgl. HYDRO AGRI, 1993) (siehe Anhangtabelle 128).

In den Bodenproben konnten keinerlei Antibiotika nachgewiesen werden. Daher liegt der Schluss nahe, dass entweder die aufgebrachte Menge an Antibiotika über die Gärsubstrate zu gering, oder die eingefrorenen Bodenproben zu lange gelagert waren und somit die entsprechenden Antibiotika schon bis unter die Nachweisgrenze abgebaut worden waren (vgl. LANGHAMMER, 1989).

8.4.2.2 Pflanzenparameter

Die Biomasse des Kornes zeigte keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 130). Es sind jedoch erhebliche Differenzen zwischen verschiedenen Varianten aufgetreten. So wies die Variante mit Mais und Gras und die Variante mit Mais und Getreide im Vergleich zu allen übrigen Varianten eine nur eine halb so hohe Biomasse auf. Dabei bildete die Variante mit Mais, Gras und Getreide in diesem Zusammenhang, die Variante mit dem höchsten Wert. Bei der Biomasse des Strohens zeigten sich signifikante Unterschiede. So wies auch hier die Variante mit Mais, Gras und Getreide den signifikant höchsten Wert auf. Den signifikant niedrigsten Wert zeigte in diesem Zusammenhang die Variante mit Mais und Getreide. Die Rohproteingehalte des Kornes der verschiedenen Varianten zeigten zwar keine signifikanten Unterschiede, dennoch waren zuweilen deutliche Unterschiede zu erkennen (siehe Anhangtabelle 126). So wiesen die Variante mit Mais, Mist, Gras und Püree, sowie die NPK-Variante einen Rohproteingehalt von 12,7% auf, wohingegen alle übrigen untersuchten Varianten zwischen 17,1% und 20,6% schwankten.

Die Schwermetallgehalte im Korn wiesen nur bei den Elementen Kupfer und Zink signifikante Unterschiede auf (siehe Anhangtabelle 127+128). So hatte die Variante mit Mais, Gras und Getreide einen signifikant höheren Kupfergehalt im Korn gegenüber der Variante mit Mais und Gras. Auch bei Zink wies die Variante mit Mais, Gras und Getreide den signifikant höchsten Wert auf, welcher doppelt so hoch war, wie jener der Variante mit Mais und Getreide. Letztere zeigte mit 18,5 mg/kg den signifikant niedrigsten Wert. Beim Stroh hingegen traten im Bezug auf die Schwermetallgehalte keine signifikanten Unterschiede auf. Allerdings zeigten die Variante mit Mais, Mist, Gras und Püree, die Variante mit Mais und die NPK-Variante beim Element Nickel im Vergleich zu den übrigen hier untersuchten Varianten einen deutlich höheren Gehalt auf.

8.4.3 Schweinegülle

Im Folgenden werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Gärsubstrate aus Schweinegülle auf wichtige Boden- und Ertragsparameter beschrieben. Als Referenz diente eine Variante die mit handelsüblichem NPK-Dünger gedüngt wurden.

8.4.3.1 Bodenparameter

Die pH-Werte, sowie die C_{org} -Gehalte und die C/N-Verhältnisse zeigten nur äußerst geringe und somit vernachlässigbare Unterschiede (siehe Anhangtabelle 131). Gleiches gilt für die alkalische Phosphataseaktivität und die Nettomineralisationsrate (siehe Anhangtabelle 135). Auch die Stickstoffgehalte der Böden zeigten keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 131). Dennoch war der Gehalt der Böden der Variante ohne Kosubstrate mit 138 kg/ha annähernd doppelt so hoch wie jener der übrigen Varianten, inklusive der NPK-Variante.

Die Nährstoffgehalte der Böden ergaben ebenfalls keine signifikanten Unterschiede (siehe Anhangtabelle 133). Deshalb lagen die Phosphorgehalte aller Varianten in der

Gehaltsklasse B und die Magnesiumgehalte in der Gehaltsklasse E. Obwohl auch bei den Kaliumgehalten keine signifikanten Unterschiede auftraten, lagen die Werte der verschiedenen untersuchten Varianten nicht teilweise in unterschiedlichen Gehaltsklassen. So lag der Kaliumgehalt der Variante ohne Kosubstrate und jene der NPK-Variante in der Gehaltsklasse B und die Werte der übrigen in der Gehaltsklasse C (vgl. HYDRO AGRI, 1993).

Die Schwermetallgehalte der Böden innerhalb der Varianten, in Bezug auf Cadmium, Chrom, Nickel und Zink keinerlei Auffälligkeiten (siehe Anhangtabelle 132). Nur die Zinkgehalte aller Varianten lagen knapp oberhalb des „normalen“ Bereichs (vgl. BLUME, 2004). Weiterhin ist anzumerken, dass bei den Elementen Chrom und Nickel die Bodengehalte der NPK-Variante im Vergleich mit den Gärsubstratvarianten deutlich erhöht waren. Die bei Kupfer und Blei festgestellten signifikanten Unterschiede waren auf Grund der geringen Differenz der Werte sehr fraglich und werden aus diesem Grund nicht näher beleuchtet.

8.4.3.2 Pflanzenparameter

Es zeigte sich, dass die Biomasse des Strohs und des Korns in der Variante ohne Kosubstrate signifikant höher war als jene der Variante mit Mais und Getreide (siehe Anhangtabelle 135). Beim Rohproteingehalt konnte allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen den Gärsubstratvarianten festgestellt werden jedoch waren die Werte der NPK-Variante mit 12,7% merklich niedriger als jene der Gärsubstratvarianten, die zwischen 17,5% und 19,2% lagen.

Die Schwermetallgehalte im Korn aller Varianten zeigten keinerlei nennenswerte Unterschiede (siehe Anhangtabelle 132+133). Auch die Schwermetallgehalte des Strohs zeigten bis auf den Bezug des Elementes Zink zwischen den Gärsubstratvarianten keine signifikanten Unterschiede und die ermittelten Werte lagen ausnahmslos im „normalen“ Bereich (vgl. BLUME, 2004). Auffallend ist allerdings, dass die Nickel- und Kupfergehalte der NPK-Variante im Vergleich zu den Gärsubstratvarianten deutlich erhöht waren. Die Zinkgehalte der Variante ohne Kosubstrat waren hier signifikant niedriger als jene der übrigen Varianten, inklusive der NPK-Variante.

9 Korrelationen zwischen den Parametern

Im Folgenden wird beschrieben welche eindeutigen Korrelationen zwischen den mit der Düngung aufgetretenen Frachten und den gemessenen Boden- und Pflanzenparametern aufgetreten sind. Daraus lassen sich im Anschluss Effekte der Gärsubstrate auf Böden und Ackerfrüchte ableiten. Es werden nur jene Korrelationen berücksichtigt, die logisch und sinnvoll erscheinen.

Die jeweiligen Gefäßversuche und Gärsubstrate werden hierbei getrennt voneinander betrachtet. Die in betracht gezogenen Korrelationen weisen ein Signifikanzniveau von mindestens 95% auf.

9.1 Sommergerste (2005)

9.1.1 Mischgülle

Innerhalb der Varianten mit Mischgülle korrelierte der pH-Wert der Gärsubstrate signifikant negativ mit dem Zinkgehalt des Strohs.

Die Fracht des Gesamtstickstoffs aus den Gärsubstraten zeigte signifikant positive Korrelationen mit dem Stickstoffgehalt der Böden, dem Korn und dem Cadmiumgehalt des Strohs. Gleichzeitig korrelierte das C/N-Verhältnis negativ mit der Stickstofffracht.

Auffallend war auch die positive Korrelation der Ammoniumfracht mit dem Nitratgehalt des Sickerwassers. Die Fracht an Phosphor, sowie die Cadmiumfracht korrelierte hingegen negativ mit dem Zinkgehalt im Stroh, allerdings ließen sich keine Zusammenhänge zwischen der aufgetragenen Menge an Phosphor und dem Phosphorgehalt des Bodens erkennen.

Der Cadmiumgehalt des Bodens wurde direkt positiv von der Fracht an CAL-Kalium beeinflusst.

Die Chromfracht korrelierte negativ mit den Cadmiumgehalten im Stroh und im Korn. Positiv korrelierte die Chromfracht mit dem Chromgehalt im Stroh. Die Zinkfracht der Gärsubstrate hatte hingegen negative Auswirkungen auf die Cadmiumgehalte im Stroh und im Korn, korrelierte hingegen aber stark positiv mit dem Zinkgehalt im Korn.

9.1.2 Rindergülle

Hier korreliert die Fracht an C_{org} negativ mit den Zink- und Chromgehalten im Stroh. Darüber hinaus ergaben sich signifikante Zusammenhänge zwischen dem pH-Wert der Gärsubstrate und dem Cadmium- und Zinkgehalten im Korn. Außerdem war eine Beeinflussung des Cadmiumgehalts im Korn durch die Fracht an Phosphor zu erkennen. Stark signifikant waren auch die positiven Auswirkungen der aufgetragenen Menge an Chrom durch die Gärsubstrate auf den Chromgehalt im Korn.

Die aufgebrachte Menge an Kalium korrelierte stark positiv mit den Kaliumgehalten im Boden. Dies galt sowohl für den Gesamtkaliumgehalt als auch für die Gehalte an CAL-Kalium im Boden. Darüber hinaus wirkten sich erhöhte Kaliumfrachten positiv im Kaliumgehalt des Kornes aus. Es fällt auf, dass der Magnesiumgehalt im Boden stark positiv und gleichzeitig der Magnesiumgehalt im Korn stark negativ mit der Kaliumfracht der Gärsubstrate korrelierten. Die aufgebrachte Menge an CAL-Magnesium, jedoch nicht die Menge an aufgebrachtem Magnesium (gesamt) zeigte signifikante Zusammenhänge mit dem Magnesiumgehalt im Boden. Die Gesamtmagnesiumfracht hingegen zeigte eine stark negative Korrelation mit dem Kaliumgehalt des Strohs. Darüber hinaus konnte eine hohe Signifikanz der Beeinflussung des Nitratgehaltes im Boden durch die Ammoniumfracht festgestellt werden.

9.1.3 Schweinegülle

Das C/N-Verhältnis im Boden zeigte positiv signifikante Korrelationen, sowohl mit der Fracht an Kohlenstoff als auch mit der Fracht an organischem Kohlenstoff. Negativ korrelierte das C/N-Verhältnis hingegen mit der Fracht an Stickstoff. Die Cadmiumgehalte im Boden zeigten positive Zusammenhänge mit der Fracht an Cadmium. Zudem wiesen die Frachten von Kupfer, Nickel und Zink stark positive Korrelationen mit dem Cadmiumgehalt im Boden.

Zusätzlich konnten positive Zusammenhänge zwischen der Ammoniumfracht und dem Nitratgehalt im Sickerwasser beobachtet werden. Die Biomasse des Strohs wurde positiv beeinflusst durch die Frachten verschiedener Parameter. Zu diesen Parametern zählten Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, CAL-Phosphor und CAL-Magnesium. Negativ korrelierte die Biomasse des Strohs mit den Frachten an Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink. Die Biomasse des Kornes korrelierte nur positiv mit der Fracht an Ammonium.

9.2 Ölrettich

9.2.1 Mischgülle

Bei den Mischgülle wies die Fracht an Kohlenstoff signifikante Korrelationen zu den Kohlenstoffgehalten und den Gehalten an organischem Kohlenstoff in der Knolle auf. Die Cadmiumgehalte der Böden wurden scheinbar positiv von den Frachten an CAL-Phosphor, sowie Kupfer beeinflusst, während ein Anstieg der Bleigehalte der Böden durch wachsende Frachten an organischem Kohlenstoff und Blei festgestellt werden konnte. Die Kupfergehalte der Böden korrelierten negativ mit den Frachten an Kalium, wohingegen eine positive Korrelation der CAL-Kaliumfrachten mit der Nettomineralisationsrate des Stickstoffs beobachtet werden konnte.

Die Nickelgehalte im oberirdischen Aufwuchs des Ölrettichs korrelierten signifikant positiv mit den Nickelfrachten aus und gleichzeitig negativ mit den pH-Werten aus den Gärsubstraten. Die Frachten an Kalium wirkten sich darüberhinaus positiv auf den Kaliumgehalt der Böden aus.

Die alkalische Phosphataseaktivität wurde durch die Frachten an organischem Kohlenstoff, Phosphor und Magnesium positiv beeinflusst. Negativ korrelierte die Phosphataseaktivität hingegen mit dem pH-Wert und der Cadmiumfracht der Gärsubstrate.

Die oberirdische Biomasse zeigte positive Korrelationen mit der Fracht an Kalium Magnesium und Zink, und negative mit der Fracht an Kupfer. Die unterirdische Biomasse des Ölrettichs korrelierte hingegen positiv mit den Frachten an Kohlenstoff, Stickstoff, Ammonium und Kupfer.

9.2.2 Rindergülle

Hier korrelierte die Fracht an Ammonium stark negativ mit dem pH-Wert des Bodens.

Das C/N-Verhältnis des Bodens korrelierte negativ mit der Stickstofffracht, wohingegen der Stickstoffgehalt im oberirdischen Aufwuchs des Ölrettichs durch die Stickstofffracht, aber auch durch die Ammoniumfracht positiv beeinflusst wurde. Auch der Stickstoffgehalt in der Knolle des Ölrettichs stieg mit zunehmender Stickstofffracht an.

Der Kupfergehalt des Bodens stieg mit zunehmender Kaliumfracht an, während der Nickelgehalt im Boden durch den pH-Wert des Gärsubstrats positiv beeinflusst wurde. Die Nickelgehalte des oberirdischen Aufwuchses stiegen außerdem signifikant mit der Nickelfracht an. Der Cadmiumgehalt in der Knolle wies eine signifikant positive Korrelation mit der Ammoniumfracht auf.

Der Phosphorgehalt, sowie der CAL-Phosphorgehalt der Böden zeigten eine positive Korrelation mit der Fracht an CAL-Phosphor, während der Nitratgehalt der Böden positiv mit der Fracht an Stickstoff und Ammonium korrelierte. Die Nettomineralisationsrate des Stickstoffs zeigte negative Korrelationen mit den Frachten an Cadmium und Blei. Die oberirdische Biomasse des Ölrettichs korrelierte nur positiv mit der Fracht an Ammonium und Phosphor.

9.2.3 Schweinegülle

Auch bei den Gärsubstraten aus Schweinegülle zeigte sich eine negative Korrelation des pH-Wertes mit der Fracht an Ammoniumstickstoff. Das C/N-Verhältnis der Böden wurde ebenfalls durch die Stickstofffracht negativ beeinflusst. Weiterhin hatten die Stickstoff- und Ammoniumfracht einen positiven Effekt auf den Stickstoffgehalt der oberirdischen Biomasse und folglich einen negativen auf das C/N-Verhältnis der selbigen. Der Kupfergehalt des Bodens zeigte eine negative Korrelation mit der aufgebracht-

ten Menge an Kalium. Darüber hinaus wurden die Nickelgehalte der Böden positiv vom pH-Wert der Gärsubstrate beeinflusst.

Bei den Schwermetallgehalten in den Pflanzen zeigten nur Nickel und Cadmium signifikante Effekte in Bezug auf die Gärsubstrate auf. Dabei stieg der Nickelgehalt in der oberirdischen Biomasse signifikant mit steigender Nickelfracht und der Cadmiumgehalt der Knolle mit steigender Ammoniumfracht. Die Phosphorgehalte der Böden zeigten signifikant positive Zusammenhänge mit der Fracht an Phosphor. Ebenso verhielt es sich mit den Bodengehalten an CAL-Phosphor und der CAL-Phosphorfracht.

Die Nitratgehalte der Böden zeigten positive Zusammenhänge mit den Frachten an Stickstoff und Ammonium, während die Nettomineralisationsrate des Stickstoffs negativ mit den Cadmium- und Bleifrachten korrelierte. Auch hier zeigte sich, ähnlich wie bei den Gärsubstraten aus Rindergülle, nur eine positive Korrelation zwischen der oberirdischen Biomasse und den Ammonium- und Phosphorfrachten.

9.3 Winterweizen

9.3.1 Mischgülle

Die Chromgehalte der Böden wiesen hier signifikante Korrelationen mit dem pH-Wert der Gärsubstrate auf, während die Chromgehalte im Korn negativ mit der Fracht an organischem Kohlenstoff korrelierten. Auch die Nickelgehalte des Korns zeigten einen negativen Zusammenhang mit der Fracht an organischem Kohlestoff. Darüber hinaus korrelierten sie stark positiv mit den Nickelfrachten. Ein ähnliches Bild zeigten auch die Bleigehalte des Korns, wobei eine positive Korrelation mit den Bleifrachten zu erkennen war.

Die Chrom- und Nickelgehalte im Stroh korrelierten negativ mit den pH-Werten der Gärsubstrate, während der Cadmiumgehalt im Stroh einen negativen Zusammenhang mit der Fracht an CAL-Phosphor zeigte.

Die Kaliumgehalte im Korn korrelierten positiv mit der Kaliumfracht aber gleichzeitig negativ mit der Fracht an CAL-Magnesium. Die Magnesiumfracht wirkte sich hingegen positiv auf den Magnesiumgehalt im Korn aus. Der Kaliumgehalt im Stroh korrelierte positiv sowohl mit der Kaliumfracht, als auch mit der Fracht an CAL-Kalium, jedoch negativ mit der Fracht an CAL-Magnesium.

Die alkalische Phosphataseaktivität korrelierte negativ mit den Frachten der Schwermetalle Cadmium, Kupfer, Blei, Nickel und Zink, sowie mit dem pH-Werten der Gärsubstrate. Positive Korrelationen traten in diesem Zusammenhang mit den Frachten an organischem Kohlenstoff, sowie an CAL-Magnesium und CAL-Phosphor.

Die Biomasse des Korns wurde direkt positiv durch den pH-Wert der Gärsubstrate, sowie durch die Frachten an Stickstoff, Ammonium und CAL-Kalium beeinflusst.

9.3.2 Rindergülle

Der Chromgehalt der Böden korrelierte positiv mit der aufgetragenen Menge an Chrom.

Die Stickstoff- und die Ammoniumfrachten zeigten signifikant positive Zusammenhänge mit dem Stickstoffgehalt im Korn und logischerweise im Umkehrschluss negative Zusammenhänge mit den C/N-Verhältnissen im Korn. Der Chrom- und der Nickelgehalt im Korn wurden negativ durch die Fracht an organischem Kohlenstoff beeinflusst. Bei den Cadmium-, Zink-, und Kupfergehalten im Korn zeigte sich ein ähnliches Bild in Abhängigkeit vom pH-Wert der Gärsubstrate. Darüber hinaus stieg der Kupfergehalt im Korn mit zunehmender Kupferfracht an.

Der Magnesiumgehalt des Bodens hingegen korrelierte positiv mit der Menge an aufgetragem Magnesium. Die Biomasse des Stroh zeigte positive Korrelationen mit den Frachten an Kohlenstoff, Stickstoff und Ammonium.

9.3.3 Schweinegülle

Das C/N-Verhältnis der hier untersuchten Böden zeigte eine negative Korrelation mit den Stickstoff- und Ammoniumfrachten, während die Fracht an organischem Kohlenstoff das C/N-Verhältnis positiv beeinflusste. Die Zinkgehalte der Böden korrelierten positiv mit den pH-Werten der Gärsubstrate, sowie mit den Frachten an Kupfer und Zink. Die Cadmiumgehalte im Korn korrelierten positiv mit den Cadmium-, Stickstoff- und Ammoniumfrachten, während sich eine erhöhte Fracht an organischem Kohlenstoff negativ auf den Cadmiumgehalt im Korn auswirkte. Der Kupfergehalt im Korn wurde auf der einen Seite positiv von der Kupferfracht und auf der anderen Seite negativ von der Fracht an organischem Kohlenstoff beeinflusst.

Die Fracht an CAL-Phosphor korrelierte hingegen negativ mit den Zinkgehalten im Stroh und im Korn, sowie mit den Cadmiumgehalten im Stroh.

Die Fracht an organischem Kohlenstoff wirkte sich negativ auf die Chrom- und Nickelgehalte im Stroh aus, wobei die Nickelgehalte außerdem einen signifikanten Zusammenhang mit der Nickelfracht aufwiesen. Die Kaliumgehalte der Böden und des Strohs zeigten positive Korrelationen mit den Kaliumfrachten. Gleiches gilt für die Beziehung zwischen den Magnesiumfrachten und den Gehalten der Böden. Der Phosphorgehalt und der CAL-Phosphorgehalt der Böden wurden hingegen von den Frachten an CAL-Phosphor signifikant positiv beeinflusst.

Der Phosphorgehalt des Korns zeigte eine positive Korrelation mit der Phosphorfracht. Der Kaliumgehalt des Strohs korrelierte hingegen signifikant negativ mit der Fracht an CAL-Magnesium.

Die alkalische Phosphataseaktivität wurde positiv durch den pH-Wert des Gärsubstrates, sowie durch die Frachten an Stickstoff, Ammonium und CAL-Kalium beeinflusst.

Die Biomasse des Strohs und des Korns zeigten positive Korrelationen mit dem pH-Wert des Gärsubstrates, als auch mit den Frachten an Stickstoff, Ammonium, Magnesium und CAL-Kalium.

9.4 Sommergerste (2006)

9.4.1 Mischgülle

Das C/N-Verhältnis der Böden korrelierte positiv mit der Fracht an organischem Kohlenstoff, wohin gegen die Stickstoff- und Ammoniumfrachten negativ mit dem C/N-Verhältnis korrelierten. Positiv auf den Zinkgehalt des Bodens wirkten sich ein steigender pH-Wert der Gärsubstrate, aber auch wachsende Frachten an Zink aus. Der Cadmiumgehalt im Korn wies positive Zusammenhänge mit den Cadmium-, Stickstoff-, und Ammoniumfrachten auf. Negativ korrelierte der Cadmiumgehalt mit dem pH-Wert des jeweiligen Gärsubstrates. Dies traf auch auf den Kupfergehalt im Korn zu. Darüber hinaus korrelierte dieser positiv mit der Kupferfracht. Der Zinkgehalt im Korn und im Stroh, sowie die Gehalte an Cadmium und Nickel zeigten negative Zusammenhänge mit der Fracht an CAL-Phosphor. Der Nickelgehalt im Stroh wurde darüber hinaus positiv von der Nickelfracht beeinflusst. Die Kaliumfracht korrelierte positiv mit dem Kaliumgehalt des Bodens und des Strohs, während die Magnesiumfracht sich nur auf den Magnesiumgehalt des Bodens auswirkte. Die Frachten an CAL-Phosphor zeigten positive Korrelationen mit dem CAL-Phosphorgehalt und mit dem Phosphorgehalt im Boden.

Der Ammoniumgehalt der untersuchten Böden zeigte negative Zusammenhänge mit dem pH-Wert der verwendeten Gärsubstrate.

Die alkalische Phosphataseaktivität korrelierte positiv mit dem pH-Wert der Gärsubstrate, sowie mit der Fracht an Stickstoff, Ammonium und CAL-Kalium. Auch die Biomasse des Strohs und des Korns wurde positiv vom pH-Wert beeinflusst. Darüber hinaus wirkten sich die Frachten an Stickstoff, Ammonium, Magnesium, CAL-Kalium, Kupfer, Nickel und Zink positiv auf die Biomassen aus.

9.4.2 Rindergülle

Der pH-Wert des Bodens korrelierte negativ mit der Ammoniumfracht. Die Fracht an organischem Kohlenstoff beeinflusste hingegen positiv mit dem Gehalt an organischem Kohlenstoff des Strohs.

Die Fracht an organischem Kohlenstoff korrelierte stark negativ mit den Gehalten an Kupfer und Zink im Korn, sowie den Cadmium-, Nickel- und Zinkgehalten im Stroh. Der Kupfergehalt im Korn korrelierte darüber hinaus positiv mit der Kupferfracht, aber auch gleichzeitig negativ mit der Fracht an Kalium. Auch der Zinkgehalt im Korn und im Stroh wurde durch die Fracht an Zink positiv beeinflusst. Der Cadmiumgehalt des

Strohs korrelierte außerdem stark positiv mit der Stickstoff- und der Ammoniumfracht. Die Fracht an CAL-Kalium korrelierte positiv mit dem Kalium-, und dem CAL-Kaliumgehalt des Bodens und negativ mit dem Magnesiumgehalt des Strohs. Der CAL-Magnesiumgehalt der Böden stieg mit zunehmender Fracht an CAL-Magnesium und Magnesium.

Die alkalische Phosphataseaktivität wurde positiv von der Stickstoff-, Ammonium-, und Phosphorfracht beeinflusst. Aber auch die Nettostickstoffmineralisation stieg hier mit zunehmender Stickstoff-, und Ammoniumfracht an.

Die Biomasse des Korns und des Strohs korrelierten positiv mit den Frachten an Stickstoff, Ammonium, Phosphor, Kalium, Kupfer, Nickel und Zink.

9.4.3 Schweinegülle

Das C/N-Verhältnis der Böden korrelierte negativ mit der Fracht an Stickstoff und Ammonium, auf der einen Seite und auf der anderen Seite positiv mit der Fracht an organischem Kohlenstoff. Der Zinkgehalt der Böden korrelierte positiv mit dem pH-Wert der Gärsubstrate und Frachten an Kupfer und Zink. Die Fracht an organischem Kohlenstoff wirkte sich negativ auf die Gehalte an Kupfer und Cadmium im Korn und die Gehalte an Cadmium und Chrom im Stroh aus. Die Cadmiumgehalte im Korn korrelierten positiv mit den Frachten an Stickstoff und Ammonium, sowie mit der Cadmiumfracht. Der Kupfergehalt im Korn wurde positiv von der Kupferfracht beeinflusst. Die Zinkgehalte im Stroh und Korn, sowie die Cadmiumgehalte im Stroh korrelierten hingegen stark negativ mit den Frachten an CAL-Phosphor. Der Nickelgehalt im Stroh wurde unter anderem positiv von der Nickelfracht beeinflusst. Der Kaliumgehalt der Böden wurde positiv von der Kaliumfracht und der Magnesiumgehalt positiv von der Magnesiumfracht beeinflusst. Die Fracht an CAL-Phosphor korrelierte positiv mit den Gehalten an CAL-Phosphor und Phosphor im Boden. Der Phosphorgehalt im Korn hingegen korrelierte nur mit der Phosphorfracht positiv. Der Kaliumgehalt im Stroh wurde einerseits positiv von der Kaliumfracht und andererseits negativ von der Fracht an CAL-Magnesium beeinflusst. Der Ammoniumgehalt der Böden zeigte stark negative Korrelationen mit dem pH-Wert der Gärsubstrate.

Die alkalische Phosphataseaktivität korrelierte positiv mit dem pH-Wert der Gärsubstrate und darüber hinaus mit den Frachten an Stickstoff, Ammonium und CAL-Kalium. Die Biomasse des Strohs und des Korns korrelierten ebenfalls positiv mit dem pH-Wert der Gärsubstrate, der Stickstofffracht und der Ammoniumfracht. Darüber hinaus zeigten sich positive Zusammenhänge zwischen der Biomasse und den Frachten an Magnesium und CAL-Kalium.

10. Nährstoffbilanzen

10.1 Hoftorbilanzen

Hohe Nährstoffüberschüsse resultieren vor allem aus einem zusätzlichen Zukauf an Substraten zur Vergärung wie Wirtschaftsdünger (Betrieb I und Betrieb III) und nachwachsenden Rohstoffen (Betrieb II) und einem unterlassenen Verkauf pflanzlicher Produkte (Betrieb I und III). Extrem hohe Nährstoffüberschüsse ergeben sich, wenn zusätzlich auch noch hohe Nährstoffmengen an Handelsdüngern in die Betriebe eingeführt werden (Betrieb III).

Geringe Nährstoffüberschüsse wurden in Betrieben erzielt, in denen keine Substrate zur Vergärung zugekauft wurden und die angebauten pflanzlichen Produkte überwiegend verkauft wurden (Betrieb IV).

Tabelle 13: Ergebnisse der N-, P- und K-Hoftorbilanzen der untersuchten Betriebe aus dem Jahr 2005

	Betrieb I			Betrieb II			Betrieb III		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/ha								
Input	186	71	58	197	33	36	303	70	166
Handelsdünger	59	0	0	96	0	0	191	22	126
Futtermittel	3	1	2	55	18	19	54	30	23
Sero-Dünger	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zukauf an Nawaros	0	0	0	32	14	16	0	0	0
Wirtschaftsdüngerzukauf	104	70	57	0	0	0	27	15	15
N-Fixierung (Acker)	0	-	-	0	-	-	0	-	-
N-Fixierung (Grünland)	9	-	-	3	-	-	14	-	-
Tierzukauf	0	0	0	1	0	0	5	2	0
Saat- u. Pflanzgutzukauf	1	1	0	0	0	0	2	1	1
At. Deposition	10	0	0	10	0	0	10	0	0
Output	14	6	4	46	19	13	30	14	3
Pflanzl. Marktprodukte	0	0	0	17	6	5	0	0	0
Tierische Marktprodukte	14	6	4	29	13	9	30	14	3
Saldo	172	65	54	151	14	23	272	56	163

Fortsetzung der Tabelle 13

	Betrieb IV		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/ha		
Input	119	3	4
Handelsdünger	98	0	0
Futtermittel	7	3	4
Sero-Dünger	0	0	0
Zukauf an Nawaros	0	0	0
Wirtschaftsdüngerzukauf	0	0	0
N-Fixierung (Acker)	0	-	-
N-Fixierung (Grünland)	7	-	-
Tierzukauf	0	0	0
Saat- u. Pflanzgutzukauf	0	0	0
At. Deposition	10	0	0
Output	65	32	54
Pflanzl. Marktprodukte	46	23	48
Tierische Marktprodukte	19	9	5
Saldo	54	-29	-50

10.2 Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärrückständen

Bevor die Ergebnisse zur Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärrückständen vorgestellt werden, wird zunächst auf den Inhalt sowohl der bisher gültigen Düngeverordnung wie auch der novellierten Düngeverordnung, die am 14.01.2006 in Kraft getreten ist, eingegangen.

Nach der bisher gültigen Düngeverordnung durften im Betriebsdurchschnitt auf Ackerland bis zu 170 kg N/ha und auf Grünland bis zu 210 kg N/ha in Form von Wirtschaftsdünger „tierischer Herkunft“ aufgebracht werden. Seit der am 20.02.2003 in Kraft getretenen Änderung der Düngeverordnung galten diese Höchstmengen ohne Anrechnung von Ausbringungsverlusten. Zuvor konnten bei Gülle und Festmist 20 % als Ausbringungsverluste veranschlagt werden. Als Lagerungsverluste konnten nach wie vor bei Gülle 10 % und bei Festmist 25 % veranschlagt werden.

Diese Vorgaben der bisher gültigen Düngeverordnung stellten für die meisten Betreiber von Biogasanlagen kein Problem dar, da ausschließlich Wirtschaftsdünger „tierischer Herkunft“ gemeint waren und somit die Nährstoffmengen in zugekauften nachwachsenden Rohstoffen unberücksichtigt bleiben.

Nach der am 14.01.2006 in Kraft getretenen novellierten Düngeverordnung hat sich die Sprachregelung „Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft“ geändert. In dieser Fassung ist eine Höchstgrenze von 170 kg N/ha für „Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft, auch in Mischungen“ im Betriebsdurchschnitt festgeschrieben. Hierunter fällt auch der bei der Vergärung anfallende Gärrest. Diese Höchstgrenze bezieht sich sowohl auf Acker- wie auch auf Grünlandflächen. Eine Sonderregelung gibt es allerdings für intensiv genutztes Grünland, auf dem eine maximale Aufbringung bis zu 230 kg N/ha erlaubt ist. Diese Regelung ist jedoch an eine intensive Nutzung mit mindestens 4 Schnitten / Jahr, an ein Stickstoffverlust vermindertes Ausbringungsverfahren und an die Einhaltung der empfohlenen Stickstoffüberschüsse gebunden. Die anzurechnenden Stickstoffverluste wurden wieder dem Zustand vor der Änderung am 20.02.2003 angepasst. So dürfen nach der Fassung vom 14.01.2006 beispielsweise bei Rindergülle 30 %, bei Schweinegülle und Rindermist 40 % und bei Schweinemist 45 % als Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste angesetzt werden.

Neben der Stickstoffbegrenzung durch Wirtschaftsdünger ist in der aktuellen Fassung der Düngeverordnung auch die Berechnung von Stickstoff- und Phosphorbilanzen in Form einer betrieblichen Flächenbilanz festgeschrieben. Alternativ können auch Stickstoff- und Phosphorbilanzen für Einzelschläge bzw. Bewirtschaftungseinheiten ermittelt werden, die anschließend zu einer betrieblichen Flächenbilanz zusammengefasst werden müssen. Das dreijährige Mittel dieser betrieblichen Bilanzen soll für die Jahre 2006–2008 einen Toleranzwert von 90 kg N/ha und 20 kg P₂O₅/ha nicht überschreiten. In den Folgejahren wird der Toleranzwert um jeweils 10 kg N/ha herabgesetzt, so dass er für das dreijährige Mittel der Jahre 2009, 2010 und 2011 bei 60 kg N/ha liegt. In der endgültigen Fassung wurde gegenüber dem Entwurf vom 21.06.2005 von einer Beratungspflicht bei Überschreitung der genannten Toleranzwerte und einer Ordnungswidrigkeit bei Überschreitung der betrieblichen Überschüsse von 140 kg N/ha bzw. 50 kg P₂O₅/ha abgesehen. Nach der derzeitigen Fassung begeht nur noch der eine Ordnungswidrigkeit, der einen Nährstoffvergleich nicht, nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig erstellt. Eine Überschreitung der Toleranzwerte zieht somit keine Konsequenzen nach sich.

Tabelle 14 zeigt, dass alle bisher untersuchten Betriebe mit Biogasproduktion die Vorgaben der bisher gültigen Düngeverordnung einhalten. Die Begrenzung der novellierten Düngeverordnung auf 170 kg N/ha durch „Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft, auch in Mischungen“ worunter auch die Biogasgülle fällt, wird ebenfalls von allen bisher untersuchten Betrieben eingehalten. Ausschlaggebend hierfür sind vor allem die in der novellierten Düngeverordnung veränderten anrechenbaren Stickstoffverluste. Während in der am 20.02.2003 in Kraft getretenen Änderung der Düngeverordnung lediglich noch Lagerungsverluste angerechnet werden durften, dürfen nach der novellierten

Düngeverordnung auch wieder Ausbringungsverluste angerechnet werden. Hierdurch ist es auch zu erklären, dass der Stickstoffanfall durch Wirtschaftsdünger in dem Betrieb III, trotz dem zusätzlichen Stickstoff der verwerteten nachwachsenden Rohstoffe, nach der novellierten Düngeverordnung zurückgegangen ist.

Da alle bisher untersuchten Betriebe die Begrenzung auf 170 kg N/ha einhalten, ist keiner dieser Betriebe auf die Sonderregelung, dass auf intensiv genutztem Grünland bis zu 230 kg N/ha an „Biogasgülle“ ausgebracht werden dürfen, angewiesen. Würde der N-Anfall von 170 kg N/ha jedoch durch einen extrem hohen Zukauf an Wirtschaftsdüngern oder nachwachsenden Rohstoffen überschritten werden, könnte diese Sonderregelung dazu führen, dass die Vorgaben der novellierten Düngeverordnung dennoch eingehalten werden.

Während die untersuchten Betriebe die Vorgaben der Düngeverordnung bezüglich der Stickstoffbegrenzung durch Wirtschaftsdünger einhalten, ergibt sich bezüglich der Nährstoffbilanzen ein anderes Bild.

Zu Vergleichszwecken sind in Tabelle 14 neben den nach der novellierten Düngeverordnung festgeschriebenen Stickstoffsalden nach dem Ansatz der Flächenbilanz auch die Stickstoffsalden nach dem Ansatz der Hoftorbilanz angegeben.

Trotz der Tatsache, dass die Stickstoffsalden der Flächenbilanzen aufgrund der Anrechnung der Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste deutlich niedriger sind, als die der Hoftorbilanzen, hält lediglich der Betrieb IV den empfohlenen Toleranzwert von 90 kg N/ha ein, während dieser Toleranzwert von Betrieb I und II knapp und von Betrieb III um über das Doppelte überschritten wird.

Ähnlich sieht es bei der Phosphorbilanz aus. Hier liegt Betrieb II und IV unter dem empfohlenen Toleranzwert, während die Betriebe I und III den Toleranzwert um ca. das 3-fache übersteigen.

Tabelle 12: Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung (bisherige und novellierte DVO) bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärrückständen

Vorgaben	der bisherigen DVO			der novellierten DVO (Fassung vom 14.01.2006)					
	Wirtschaftsdünger tier. Herkunft			Wirtschaftsdünger tier. Her- kunft + Nawaros			Stickstoff-saldo		Phosphor- saldo
	A/G	A ⁽¹⁾	G ⁽¹⁾	A/G	A ⁽¹⁾	G ⁽¹⁾	A/G		A/G
max		170	210	170	170	230 ⁽²⁾	⁽³⁾	90 ⁽⁴⁾	20 ⁽⁵⁾
	kg N/ha								kg P ₂ O ₅ /ha
Betrieb I	140	130 3	160 3	164 3	147 3	199 3	172	101 7	65 7
Betrieb II	81	73 3	90 3	128 3	110 3	149 3	151	96 7	14 3
Betrieb III	118	110 3	136 3	79 3	71 3	96 3	272	218 7	56 7
Betrieb IV	70	62 3	76 3	73 3	61 3	82 3	54	23 3	-29 3

A=Acker, G=Grünland, A/G=gesamte LF=(Acker + Grünland);

3 = vorgaben der DVO eingehalten

7 =Vorgaben der DVO nicht eingehalten

⁽¹⁾ Die Aufteilung auf Acker und Grünland erfolgte prozentual in Abhängigkeit vom zulässigen Maximalwert

⁽²⁾ Regelung für intensiv genutztes Grünland, gekoppelt an bestimmte Auflagen (siehe Text)

⁽³⁾ Stickstoffsaldo nach dem Ansatz der Hoftorbilanz, Bruttobilanz ohne Anrechnung von Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverlusten; nicht konform zur nov. DVO

⁽⁴⁾ Stickstoffsaldo nach dem Ansatz der Flächenbilanz einschließlich der nach der nov. DVO anrechenbaren

Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverlusten

⁽⁵⁾ Beim Phosphorsaldo ergibt sich kein Unterschied zwischen der Hoftor- und Flächenbilanz

Tabelle 13: Charakterisierung der Untersuchungsbetriebe

	LF _{Netto} ha	AF/ha	GF/ha	GV/ha	Tierische Wirtschaftsdünger	Nawaros
Betrieb I	460	310	150	0,5	- Rindergülle - Rindermist - Hühnertrockenkot (extern)	- Silomais - Getreide - Grassilage
Betrieb II	159	87,4	71,9	0,8	- Rindergülle - Rindermist - Schweinegülle (extern)	- Silomais - Getreide - Grassilage - Frischgras
Betrieb III	157	105	52	1,2	- Schweinegülle (eigene + externe) - Rindermist	- Silomais
Betrieb IV	100	45	55	0,7	- Rindergülle	- Silomais

11 Diskussion

11.1 Güllescreening

11.1.1 Mischgülle

Gehalte der organischen Substanz

Die OTS-Gehalte der meisten Varianten verzeichneten eine Reduktion im Gärsubstrat. Dabei scheint nicht die Zusammensetzung sondern eher die Verweildauer den Hauptfaktor darzustellen. Die beiden Varianten, bei denen der OTS-Gehalt der Frischgülle mit jenem des Gärsubstrates annähernd übereinstimmte, wiesen die geringste Verweildauer auf. Die signifikanten Unterschiede zwischen den OTS-Gehalten der Gärsubstrate fußten auf den Gehalten der Frischgülle, so dass folglich die Kosubstrate nur eine geringere Rolle spielen. Trotzdem sorgten vermutlich auch die Kosubstrate, bzw. das Mengenverhältnis der Kosubstrate für unterschiedliche Entwicklungen. Nicht anders ist es zu erklären, dass die beiden Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide (301 und 303) bei gleicher Verweildauer und annähernd gleichen OTS-Gehalten in der Frischgülle signifikant verschiedene OTS-Gehalte aufwiesen. So hatte die Variante 303 den signifikant höchsten Wert. Dies ist vermutlich durch eine doppelte Menge an Mais und Festmist begründet.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Bei allen Varianten stiegen die Gehalte im Gärsubstrat gegenüber der entsprechenden Frischgülle an. Ausnahmen waren dabei die Varianten 101 und 102. Dort waren die Gehalte in der Frischgülle wesentlich höher. Außerdem waren die Verweildauern wesentlich länger. Dabei zeigte die Variante mit Mais und Mist einen geringeren Verlust an Stickstoff auf. Der Stickstoffeintrag durch den Mist hat sich vermutlich günstig auf den Stickstoffgehalt des Gärsubstrates ausgewirkt. Somit wurde dem Stickstoffverlust durch die lange Verweildauer entgegengewirkt. Bei der Variante mit Mais, Mist und Gras (202) blieb der Stickstoffgehalt des Gärsubstrates im Vergleich zur entsprechenden Frischgülle annähernd konstant, wohingegen die Variante 201 (Mais und Gras) einen starken Anstieg des Stickstoffgehaltes gegenüber der Frischgülle zeigte. Grund hierfür war eine höhere Stickstofffracht im Gärsubstrat durch einen höheren Anteil der Gülle im Gärsubstrat (siehe Anhangtabelle 136).

Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Ammoniumgehalte stiegen im Gärsubstrat bei fast allen Varianten gegenüber den Frischgülle an. Anders sah es bei den Varianten 101, 202 und 102 aus. Hier sank der Ammoniumgehalt mehr oder weniger stark ab. Grund dafür war bei den Varianten 101 und 102 eine lange Verweildauer. Darüber hinaus fällt auf, dass der Ammoniumgehalt im Gärsubstrat bei der Variante 102 wesentlich stärker absank, trotz gleichlanger Verweildauer. Grund dafür war, dass bei der Variante 101 höhere Frachten an Ammonium durch den Festmist in das Gärsubstrat gelangt waren, wohingegen diese Stickstoffquelle bei der Variante 102 fehlte. Diese Quelle fehlte ebenfalls bei der Variante 202, wodurch die Reduktion des Ammoniumgehaltes erklärt werden kann. Nur fiel die Reduktion hier nicht so groß aus, da die Verweildauer wesentlich kürzer war.

C/N Verhältnis

Der ausschlaggebende Faktor für das C/N-Verhältnis im Gärsubstrat war das C/N-Verhältnis der entsprechenden Frischgülle. So zeigte die Variante 101 (Mais und Mist) sowohl in der Frischgülle als auch im Gärsubstrat das mit Abstand weiteste Verhältnis. Auch die signifikanten Unterschiede der Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide ließen sich durch die schon bestehenden Unterschiede in den Frischgülle erklären. Bei allen untersuchten Varianten sank das C/N-Verhältnis während der Vergärung und nach Zusatz der Kosubstrate ab. Einzige Ausnahmen stellten die Varianten dar, bei denen hier kein Festmist als Kosubstrat verwendet worden war, so dass der Festmist als ausschlaggebender Faktor angesehen werden kann.

Schwermetalle

Die hohen Cadmiumgehalte der Frischgülle der Variante 202 (Mais und Gras) und der gleichzeitig im Vergleich dazu sehr viel geringere Gehalt im Gärsubstrat lässt sich auf das stark unterschiedliche Verhältnis von Schweine- zu Rindergülle zurückführen. Zur Zeit der Probennahme befand sich im Sammelbecken der Biogasanlage, welches dem Fermenter vorgeschaltet ist, ein Verhältnis von Schweine- zu Rindergülle von 5 zu 1. Im Endlager hingegen lag ein umgekehrtes Mengenverhältnis vor. Auch bei der Variante 103, bei der der Cadmiumgehalt im Gärsubstrat wesentlich höher war als in der Frischgülle, war hierfür das unterschiedliche Mischungsverhältnis von Schweine- zu Rindergülle verantwortlich. Folglich ist die Schweinegülle für einen Anstieg der Cadmiumgehalt im Gärsubstrat verantwortlich.

Die Bleigehalte zeigten hingegen zwischen allen Varianten so geringe Schwankungen, dass kein nennenswerter Einfluss festzustellen war.

Bei den Chromgehalten fanden sich nur leichte Veränderungen zwischen den Frischgülle und den entsprechenden Gärsubstraten. Bei der Variante 202 fiel auch auf, dass die Gehalte in der Frischgülle wesentlich höher waren als im Gärsubstrat. Dies lässt sich abermals mit dem verschiedenen Mischverhältnissen von Schweine- zu Rindergül-

le im Gärsubstrat und in der Frischgülle begründen. Die Variante 203 zeigte durch den geringen Schweinegülleanteil in der Frischgülle vergleichsweise niedrige Chromgehalte in der Frischgülle. Der noch geringere Gehalt im Gärsubstrat dieser Variante kann durch den großen Verdünnungseffekt in Folge der hohen Maisfracht erklärt werden (siehe Anhangtabelle 139). Durch die lange Verweildauer (60 Tage) bei der Variante 101 ist der hohe Chromgehalt zu erklären. Die andere Variante mit 60 Tagen Verweildauer (102) zeigte einen geringeren Chromgehalt im Gärsubstrat aber auch einen geringeren Anstieg. Zu erklären ist dies damit, dass einerseits die Frischgülle der Variante 102 schon geringere Gehalte aufgewiesen hat, und zusätzlich der Festmist mit relativ hohen Chromgehalten nicht als Kosubstrat zum Einsatz kam.

Die Höhe der Kupfergehalte im Gärsubstrat war vornehmlich durch den Gehalt in der Frischgülle gesteuert. Dies erklärt auch die signifikanten Unterschiede der Kupfergehalte der Gärsubstrate aus Mais, Mist, Gras und Getreide. Dabei fiel auf, dass je höher der Anteil der Schweinegülle war, desto höher war auch der Kupfergehalt im Gärsubstrat. Die großen Unterschiede zwischen den Gärsubstraten und Frischgülle der Varianten 103 und 202 bestätigten dies, da dort das Verhältnis Schweine- zu Rindergülle zwischen Frischgülle und Gärsubstanz zum Zeitpunkt der Probennahme sehr stark unterschiedlich war. Die Variante 201 (Mais, Mist und Gras) zeigte einen starken Anstieg des Kupfergehaltes im Gärsubstrat. Dies lässt sich anhand der hohen Zufuhr an Kupfer durch den enormen Anteil an Festmist im Gärsubstrat erklären. Die Varianten bei denen ein Abstieg des Kupfergehaltes im Gärsubstrat zu beobachten war, zeichneten sich alle durch einen geringeren Festmistanteil im Gärsubstrat aus. Die Variante 102 (ohne Mist) zeigte einen leichten Anstieg beim Vergleich der Kupfergehalte der Frischgülle gegenüber dem Gärsubstrat. Dies lässt sich durch die hohe Verweildauer und dem damit einhergehenden Festsubstanzverlust erklären, wodurch eine Aufkonzentration begünstigt wurde.

Bei allen untersuchten Varianten konnte ein Anstieg der Nickelgehalte im Gärsubstrat festgestellt werden, mit Ausnahme der Varianten ohne Festmist, so dass dieser als Nickelquelle ausgemacht werden kann. Die anderen oben beschriebenen Auffälligkeiten der Nickelgehalte sind zu vernachlässigen, da die Schwankungen in den Gärsubstraten nur marginal waren.

Bei den Zinkgehalten der untersuchten Varianten war kein klarer Trend zu entdecken, da die Werte der Frischgülle als auch der Gärsubstrate, sowie die Entwicklung der Gehalte in der Frischgülle zu den Gehalten in den entsprechenden Gärsubstraten sehr stark schwankten. Trotzdem konnte festgestellt werden, dass der auffallende Anstieg der Zinkgehalte im Gärsubstrat bei der Variante 103 mit dem unterschiedlichen Mischungsverhältnis von Schweine- zu Rindergülle in der Frischgülle und im Gärsubstrat zusammenhing. Gleiches gilt für die Variante 202. Der signifikant höhere Zinkgehalt im Gärsubstrat der Variante 302 gegenüber den übrigen beiden Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide rührte aus dem schon erhöhten Zinkgehalt in der Frischgülle her. Dieser war durch den vergleichsweise hohen Anteil an Schweinegülle im Gemisch zu erklären. Ansonsten bleibt aber festzustellen, dass für die übrigen auftretenden Unter-

schiede kein monokausaler Zusammenhang bestand. Folglich spielt hier für die Zinkgehalte der Gärsubstrate der Zinkgehalt der Frischgülle eine Rolle, aber auch die Zugabe der Kosubstrate und der Gärprozess an sich stellen Faktoren da, die sich auf die Konzentration im Gärrest auswirkten. So fand durch die Zugabe von Kosubstraten, welche in der Regel eine geringere Konzentration haben als die Frischgülle, eine Verdünnung statt. Während des Gärprozesses kommt es zur Abnahme der Festsubstanz im Gärrückstand und somit zu einer Aufkonzentration. Wie sich diese Prozesse auf den endgültigen Gehalt auswirken, hängt von der Dauer des Gärprozesses, aber auch von den Gehalten der verwendeten Kosubstrate, sowie deren Anteile im Gärsubstrat ab.

Gesamtnährstoffgehalte

Die Kaliumgehalte schwankten zwischen den einzelnen Varianten erheblich, sowohl bezüglich der Frischgülle als auch der Gärsubstrate. Dabei fiel wiederum auf, dass, ähnlich wie bei den Schwermetallgehalten, die Höhe der Nährstoffgehalte vornehmlich von der Frischgülle bestimmt wurde, wobei ein hoher Schweinegülleanteil im Gemisch einen höheren Nährstoffgehalt zur Folge hatte. Daher zeigte die Variante 102 auch die höchsten Kaliumgehalte aller untersuchten Varianten sowohl in der Frischgülle als auch im Gärsubstrat. Der geringere Gehalt im Gärsubstrat gegenüber der Frischgülle hing vermutlich mit dem Anteil der Kosubstrate im Gärsubstrat zusammen, da die hier verwendeten, Mais und GPS, wesentlich geringere Kaliumgehalte aufwiesen als die Frischgülle. Aber auch der große Unterschied zwischen den Kaliumgehalten des Gärsubstrats und der dazugehörigen Frischgülle bei der Variante 103 lässt sich durch unterschiedliche Verhältnisse der Schweine- zu Rindergülle im Gärsubstrat und in der Frischgülle erklären. Bei allen sonstigen Varianten war ein Anstieg des Kaliumgehaltes im Gärsubstrat zu verzeichnen. Die Kaliumkonzentration in den Kosubstraten Mist und Gras waren im Vergleich zu Mais, GPS und Getreide recht hoch, sodass das Verhältnis der Kosubstrate im Gärsubstrat einen Einfluss auf den Gehalt Kaliumgehalt des Gärsubstrates gehabt haben dürfte. Daher erklärt sich auch die Verringerung des Kaliumgehaltes im Gärsubstrat bei der Variante 102, da hier nur Mais und GPS als Kosubstrate verwendet worden waren. Bei der Variante mit Mais und Gras hingegen war ein Anstieg des Kaliumgehaltes im Gärsubstrat erkennbar, obwohl die Verweildauer hier auch wesentlich geringer war, als jene der Variante mit Mais und GPS.

Die Magnesiumgehalte der Variante 202 im Gärsubstrat und in der Frischgülle zeigten erneut, dass das Mengenverhältnis von Schweine- zu Rindergülle einen entscheidenden Faktor im Bezug auf den Nährstoffgehalt (in diesem Fall Magnesium) im Gärsubstrat darstellt. Aber auch die signifikanten Unterschiede der Magnesiumgehalte der Gärsubstrate zwischen den drei Varianten mit Mais, Mist, Gras und Getreide lassen sich so begründen. Die Veränderungen der Magnesiumgehalte im Gärsubstrat gegenüber der Frischgülle waren generell als gering zu bezeichnen. Auffällig war allerdings der doch recht hohe Anstieg des Magnesiumgehaltes im Gärrückstand der Variante 102. Dieser Umstand lässt sich nicht auf die Kosubstrate zurückführen, da die hier verwendeten (Mais und GPS) vergleichsweise geringe Magnesiumkonzentrationen auf-

wiesen. Hier scheint die Verweildauer der bestimmende Faktor gewesen zu sein. Die Variante 201 zeigte ebenfalls einen recht deutlichen Anstieg des Magnesiumgehalte im Gärsubstrat. Hier war die Verweildauer mit 20 Tagen allerdings relativ kurz, so dass hier eine hohe Fracht an Magnesium über die Kosubstrate die Begründung liefern muss (siehe Anhangtabelle 141). In diesem Falle waren Mist und Gras dafür verantwortlich, da sie im Vergleich zu Mais, doch wesentlich höhere Magnesiumgehalte aufwiesen. Ähnliches gilt auch für die Variante 203, wobei hier die Verweildauer länger war, gleichzeitig aber der Anteil an der „Magnesiumquelle Mist“ im Gärsubstrat geringer war.

Die Phosphorgehalte der verschiedenen Varianten unterschieden sich nicht wesentlich voneinander, und wiesen ähnlich Trends auf, wie bei den oben schon beschriebenen Nährstoffen.

Nährstoffgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Bei den Gehalten der pflanzenverfügbaren Fraktion kann keine Aussage über einen eventuellen Einfluss der Kosubstrate auf die Gehalte in den Gärsubstraten gemacht werden, da diese Analyse bei den Kosubstraten nicht angewandt wurde.

11.2 Rindergülle

Gehalte der organischen Substanz

Die OTS-Gehalte der hier vorliegenden Varianten wurden vornehmlich durch den Ausgangsgehalt aus der Frischgülle gesteuert. Nicht anders ist es zu erklären, dass die Veränderungen der OTS-Gehalte der Gärsubstrate aller Varianten gegenüber den entsprechenden Frischgülle nur bei bis zu 21% lagen. Bei allen Varianten war der OTS-Gehalt im Gärsubstrat geringer als bei der entsprechenden Frischgülle. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da während der Vergärung Kohlenstoff in Form von CO_2 und CH_4 verloren geht. Die Höhe des Verlustes ist dabei abhängig von der Verweildauer und der zugeführten Menge durch die Kosubstrate. Damit ist auch der höhere Verlust an OTS der Variante 601 (Mais und Gras) gegenüber der Variante 803 (ebenfalls Mais und Gras) im Gärsubstrat zu erklären.

Stickstoffgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Stickstoffgehalte der Gärsubstrate hängt im erheblichen Masse vom Gehalt in der entsprechenden Frischgülle ab. Allerdings ist dass nicht die einzige Einflussgröße. Im Gärsubstrat fanden sich überwiegend höhere Stickstoffgehalte als in den entsprechen-

den Frischgülle. Gründe dafür waren einerseits der Abbau der Festsubstanz und andererseits eine Aufsummierung des Stickstoffs im Gärsubstrat. Auffallend höhere Stickstoffgehalte wiesen die Varianten 403, 603, 902, und 903 auf. Diese aus ganz verschiedenen Kosubstraten bestehenden Varianten zeigten diese extremen Anstiege aus eben so vielfältigen Gründen. So stellte bei der Variante 403 der „Püree“ aus Nahrungsmittelabfällen eine immense Stickstoffquelle dar, wobei der Landwirt keinerlei Aussagen machen konnte woraus dieser „Püree“ genau bestand (Lebensmittelabfälle). Der Grund für den immensen Zuwachs des Stickstoffgehaltes bei der Variante 603 war der hohe Anteil an Mais, der in dem hier vorliegendem Mengenverhältnis eine dreimal höhere Stickstofffracht beisteuerte als die Frischgülle (siehe Anhangtabelle 140). Darüber hinaus war die Aufkonzentration des Stickstoffs, bedingt durch den Festsubstanzverlust während der langen Vergärungszeit (120 Tage) ein weiterer Grund für den hier vorliegenden Anstieg der Stickstoffkonzentration im Gärsubstrat. Bei der Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) war die Verweildauer relativ kurz (45 Tage), sodass die Stickstofffrachten die über den Mais und das Gras in das Gärsubstrat gelangten als wichtigster Grund für den starken Anstieg der Stickstoffkonzentration im Gärsubstrat angesehen werden können (siehe Anhangtabelle 140). Der Hühnertrockenkot der Variante 902 hatte mit 4,6% den höchsten Stickstoffgehalt aller untersuchten Kosubstrate. Damit stellte er bei dieser Variante, zusammen mit Mais, der hier durch seinen hohen Anteil im Gärsubstrat ebenfalls große Mengen Stickstoff zum Gärsubstrat beisteuerte, den Hauptgrund für den erheblichen Anstieg der Stickstoffkonzentration im Gärsubstrat dar. Auffallend ist, dass obwohl die beiden Varianten mit Mais und Gras deutlich unterschiedliche Mengenverhältnisse der Bestandteile im Gärsubstrat aufwiesen, die Unterschiede von Frischgülle zu Gärsubstrat ähnliche Größenordnungen zeigten. Als kompensierender Faktor kann hier die unterschiedliche Verweildauer angeführt werden. So war bei der Variante 601 der Stickstoffinput über die NAWARO's, im Verhältnis zum Input durch die Frischgülle, wesentlich geringer als bei der Variante 803. Die Verweildauer im Fermenter war hingegen mehr als doppelt so lang. Somit ging mehr Festsubstanz verloren, was natürlich eine Aufkonzentration des Stickstoffs, bezogen auf die verbliebene Festsubstanz, zur Folge hatte, vorausgesetzt es geht auch wirklich nur der in der Literatur veranschlagte geringe Prozentsatz von weniger als zwei Prozent über das Biogas verloren (vgl. TOPAGRAR, 2002). Auch der Vergleichsweise hohe Anstieg der Stickstoffkonzentration der Variante 603 (Mais, Gras und Getreide) im Vergleich zu den übrigen beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide, lässt sich durch die höhere Verweildauer und mit der damit einhergehenden stärkeren Aufkonzentration durch Verlust von Festsubstanz erklären.

Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Tatsache, dass die Variante 602 (Gras, Getreide und GPS) die geringsten Werte aller untersuchter Frischgülle und Gärsubstrate aufwies und die Variante 903 (Mais, Gras und Getreide) gleichzeitig die höchsten Ammoniumgehalte sowohl in der Frischgülle als auch im Gärsubstrat aufwies, bestätigt die Annahme, dass die Gülle den wich-

tigsten Faktor im Bezug auf den Ammoniumgehalt darstellt. Bei allen Varianten konnte ein Anstieg des Ammoniumgehaltes im Gärsubstrat im Vergleich zur Frischgülle festgestellt werden. Der Grund dafür kann einerseits die Reduktion der Festsubstanz im Zuge der Vergärung und somit eine Aufkonzentrierung sein. Gleichzeitig spielte allerdings vermutlich auch der Stickstoffinput über die NAWARO-Kosubstrate eine entscheidende Rolle. Der besonders hohe Anstieg bei den Varianten 902 und 903 kann mit den hohen Frachten an Stickstoff durch die enorme Zugabe von Mais bzw. Hühner-trockenkot begründet werden. Dieser organisch gebundene Stickstoff wird während des Vergärungsprozesses zu NH_4 umgebaut und sorgt somit für einen Anstieg der Ammoniumkonzentration im Gärsubstrat. Auffallend ist, dass die beiden Varianten mit Mais und Gras zwar beide einen Anstieg der Ammoniumgehalt aufwiesen, sie sich allerdings in ihrer Ausprägung sehr stark unterschieden. So war der Anstieg bei der Variante 601 wesentlich höher. Grund dafür könnte die wesentlich längere Verweildauer gewesen sein. Auch beim Vergleich der Varianten mit Mais und Getreide fällt auf, dass der Anstieg im Gärsubstrat der Variante mit der längsten Verweildauer auch am stärksten war.

Beim Vergleich der Varianten mit Mais, Gras und Getreide zeigte die Variante 903 den höchsten Anstieg aller untersuchten Varianten aus Rindergülle. Die Variante 702 mit denselben Kosubstraten zeigte im Vergleich einen sehr viel geringeren Anstieg im Gärsubstrat. Hier kann die Verweildauer nicht zur Begründung herangezogen werden. Vielmehr liegt die Vermutung nahe, dass über die vergleichsweise große Menge an Kosubstraten der hohe Stickstoffinput in das Gärsubstrat gelangte.

Schwermetalle

Auffallend bei Cadmium ist, dass bei allen Varianten der Gehalt im Gärsubstrat mehr oder weniger höher lag als in der Frischgülle. Bei den meisten Varianten war der Unterschied zu vernachlässigen. Bei den Varianten 402 und 403 waren allerdings merkliche Anstiege an Cadmium in den Gärsubstraten erkennbar. Grund dafür ist vermutlich der Einsatz von Schweinefestmist als Kosubstrat. Zwar beinhaltete die Variante 401 ebenfalls dieses Kosubstrat, die beiden übrigen Varianten jedoch noch weitere Cadmiumquellen auf. Das Püree der Variante 403 hatte einen hohen Gehalt an Cadmium. Bei der Variante 402 kam ein Großteil des Cadmiums über das Kosubstrat Gras in das Gärsubstrat.

Die Nickelgehalte der Variante 403 wiesen sowohl in der Frischgülle als auch im Gärsubstrat die höchsten Werte auf. Daraus lässt sich folgern, dass die Haupteinflussgröße hierbei die Gülle ist. Die Nickelgehalte im Gärsubstrat veränderten sich gegenüber der Frischgülle nur wenig. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Nickelgehalte generell relativ gering waren, und auch durch den Gärprozess nur wenig beeinflusst wurden.

Ausnahmen bildeten allerdings die Varianten 402, 403 und 902. Gründe dafür sind bei den Varianten 402 und 403 der Einsatz von Schweinefestmist als Kosubstrat, der eine

vergleichsweise hohe Nickelkonzentration aufwies. Daneben bildete das „Püree“ bei der Variante 403 die größte Nickelquelle. Die Variante 902 zeigte erhöhte Werte auf Grund der starken Gesamtfracht an Gras und Hühner trockenkot. Diese beiden NAWAROS wiesen einen dreimal höheren Nickelgehalt auf als Mais und wirken sich daher bei hohen Frachten auch dementsprechend auf den Gehalt im Gärsubstrat aus (siehe Anhangtabelle 140). Die sichtbare Reduktion des Nickelgehaltes im Gärsubstrat der Variante 703, lässt sich durch die Fracht an Mais und Getreide erklären (siehe Anhangtabelle 140). Diese wiesen eine geringe Nickelkonzentration auf und sorgten daher für eine Verdünnung im Gärsubstrat. Auffallend ist außerdem die unterschiedliche Entwicklung im Gärsubstrat bei den drei Varianten mit Mais, Gras und Getreide. Die Verringerungen der Nickelkonzentration im Gärsubstrat im Vergleich zur Frischgülle bei den Varianten 701 und 703 können auf den schon beschriebenen Verdünnungseffekt durch den Zusatz von Mais und Getreide erklärt werden. Bei der Variante 603 war im Gegensatz dazu ein Anstieg der Nickelkonzentration im Gärsubstrat zu erkennen. Grund dafür dürfte die wesentlich längere Verweildauer und die damit einhergehende Aufkonzentration sein.

Bei den beiden Varianten mit Mais und Gras zeigte die Variante mit der höheren Verweildauer und der geringeren Fracht an Mais (601) einen stärkeren Anstieg des Nickelgehaltes im Gärsubstrat (siehe Anhangtabelle 137). Folglich sind hier wieder beide Einflussfaktoren zu erkennen. Einerseits eine Verdünnung durch hohe Frachten an geringer konzentrierten NAWARO's und andererseits eine Aufkonzentration durch Festsubstanzverlust im Zuge der Vergärung. Ähnliches gilt auch für die beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide (702 und 903).

Die Chromgehalte in den Gärsubstraten lagen in der Regel höher als in der entsprechenden Frischgülle. Einen der höchsten Anstiege verzeichnete die Variante 403 mit Mais, Mist, Gras und Püree. Der Grund für den hohen Anstieg ist bei der hohen Chromkonzentration im Püree und im verwendeten Schweinefestmist zu suchen. Ein Absinken des Chromgehaltes konnte bei der Variante 903 (mit Mais, Gras und Getreide) beobachtet werden. Hier liegt die Erklärung wahrscheinlich in der hohen Fracht an Mais, der nur eine relativ geringe Chromkonzentration aufwies, und der gleichzeitig vergleichsweise kurzen Verweildauer im Fermenter begründet (siehe Anhangtabelle 145).

Beim Vergleich der drei Varianten mit Mais und Getreide fällt auf, dass die Varianten 701 und 703 im Gärsubstrat einen leicht verringerten Chromgehalt zeigten, während bei der Variante 603 ein geringer Anstieg zu verzeichnen war. Diese Unterschiede lassen sich durch unterschiedlich lange Verweildauern und durch das Mischungsverhältnis der Kosubstrate im Gärsubstrat begründen. Die Variante 603 hatte eine wesentlich längere Verweildauer als die übrigen beiden. Das Absinken des Chromgehaltes im Gärsubstrat der Variante 701 war etwas geringer als bei der Variante 703. Dies lässt sich durch den höheren Anteil an Mais im Gärsubstrat der Variante 703 erklären. Dieser hatte nur eine geringe Chromkonzentration und führte somit zu einer Verdünnung der Selben im Gärsubstrat. Bei den Varianten mit Mais war trotz des ungünstigen Ver-

hältnisses von Mais zu Gülle ein Anstieg zu verzeichnen. Auch dies ist auf die lange Verweildauer von 120 Tagen und den damit hohen Verlust an Festsubstanz zurückzuführen.

Den höchsten Kupfergehalt wies abermals das Gärsubstrat der Variante 403 auf. Grund dafür waren wiederum die hohen Gehalte im Püree und im Schweinefestmist. Bei den Varianten bei denen nur Mais als Kosubstrat verwendet wurde, stieg der Kupfergehalt stark an. Dies hängt abermals mit der langen Verweildauer zusammen. Bei den beiden Varianten mit Mais und Gras stiegen die Kupfergehalte in den Gärsubstraten nur leicht an. Hingegen stieg dieser in der Variante 601 vergleichsweise stärker an. Einerseits liegt dies wahrscheinlich an dem höheren Anteil der Gülle gegenüber der Kosubstraten und andererseits an der wesentlich längeren Verweildauer. Die gleiche Begründung scheint auch bei den unterschiedlichen Effekten der Kosubstrate auf den Kupfergehalt bei den drei Varianten mit Mais, Gras und Getreide plausibel.

Für den Anstieg der Kupfergehalte im Gärsubstrat der Variante 903 kann die hohe Kupferfracht, die mit dem Gras in das Gärsubstrat gelangte, verantwortlich gemacht werden (siehe Anhangtabelle 140). Bei der anderen Variante mit Mais, Gras und Getreide war der Anteil an Gras im Gärsubstrat wesentlich geringer und daher gleichzeitig auch die Kupferfracht.

Die Bleigehalte der Variante 403 bildeten das Maximum. Grund war vermutlich abermals das „Püree“ und der Schweinefestmist als Kosubstrat. Die Schwankungen waren insgesamt allerdings relativ gering. Die drei Varianten mit Mais (501, 502 und 503) zeigten einen leichten Anstieg der Konzentration auf, was durch die lange Verweildauer trotz des hohen Anteils des Mais, der eine geringe Bleikonzentration aufwies, zu begründen sein dürfte. Bei diesen Varianten zeigte sich außerdem, dass die Konzentration der Frischgülle einen Einfluss auf die Höhe der Konzentration im Gärsubstrat hat. Die Bleigehalte der drei Varianten mit Mais und Getreide variierten deutlich. Dies lässt sich auch hier auf den unterschiedlichen hohen Bleigehalt in der Frischgülle zurückführen. Die Reduktion der Bleigehalte im Gärsubstrat der Variante 902 (Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot) wurde durch den hohen Anteil der NAWARO's im Gärsubstrat (vor allem Mais) hervorgerufen. Diese wiesen eine deutlich geringere Bleikonzentration auf als die verwendete Frischgülle. Ähnlich war es auch bei der Variante 602 (Gras, Getreide und GPS), nur das hier auch die lange Verweildauer eine Rolle gespielt haben dürfte, durch die es zu einer Aufkonzentration der Bleigehalte kam.

Die Zinkgehalte der Varianten mit Mist stiegen in den Gärsubstraten jeweils an. Dabei war dieser Effekt bei der Variante 403 am deutlichsten zu erkennen. Hier war die Fracht an Schweinefestmist doppelt so hoch wie bei den anderen beiden Varianten (siehe Anhangtabelle 144). Außerdem stellte das „Püree“ eine nicht zu vernachlässigende Zinkquelle dar. Auch bei der Variante 902 (Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot) war ein deutlicher Anstieg der Zinkkonzentration im Gärsubstrat festzustellen. Hierfür scheint der Hühnertrockenkot verantwortlich gewesen zu sein, da er einen hohen Zinkgehalt aufwies und durch seinen großen Anteil im Gärsubstrat somit für einen Anstieg sorgte. Bei den Varianten mit Mais (501, 502 und 503) war ebenfalls ein

Anstieg zu erkennen der durch die sehr lange Verweildauer begründet werden kann. Vergleicht man die beiden Varianten mit Mais, Gras und Getreide, so fällt auf, dass die Variante 903 einen Anstieg des Zinkgehaltes aufwies, während der Zinkgehalt im Gärsubstrat der Variante 702 leicht abfällt. Begründet werden kann diese unterschiedliche Entwicklung durch den vergleichsweise äußerst hohen Input an Zink durch die gesamte NAWARO-Fracht bei der Variante 903 (siehe Anhangtabelle 145).

Die drei untersuchten Varianten mit Mais und Getreide (603, 701 und 702) zeigten leicht unterschiedliche Entwicklungen beim Vergleich der Zinkgehalte der Frischgülle mit jenen des entsprechenden Gärsubstrates. So wies die Variante 603 im Gärsubstrat einen höheren Wert auf als in der Frischgülle. Die beiden übrigen Varianten zeigten jedoch eine Verringerung der Gehalte, wobei diese bei der Variante 703 höher ausfiel. Als Begründung für den Anstieg kann hier eine längere Verweildauer bei der Variante 603 gegenüber den anderen beiden dienen. Die unterschiedlich starken Reduktionen der Zinkgehalte in Gärsubstraten der Varianten 701 und 703 lassen sich durch den höheren Anteil an NAWAROS im Gärsubstrat der Variante 703 erklären, da die NAWARO geringere Konzentrationen aufwies als die Gülle und es somit zu einer Verdünnung kam. Ähnliches gilt beim Vergleich der Varianten mit Mais und Gras. Hier zeigte die Variante 601 einen Anstieg der Zinkgehalte, bedingt durch eine höhere Verweildauer und einem „günstigeren“ Verhältnis von Gülle zu NAWARO.

Gesamtnährstoffgehalte

Die Varianten mit Mist (401, 402 und 403) zeigten alle einen höheren Nährstoffgehalt im Gärsubstrat als in der Frischgülle, wobei sich im Bezug auf das Ausmaß des Anstiegs Unterschiede zeigten. So wies die Variante 403 den stärksten Anstieg des Nährstoffgehaltes auf. Grund dafür war einerseits eine, vergleichsweise, recht hohe Fracht an Schweinefestmist und andererseits der hohe Nährstoffinput über das "Püree" (siehe Anhangtabelle 144).

Bei allen gemessenen Nährstoffen trat auch bei den drei Varianten mit Mais (501, 502 und 503) ein recht deutlicher Anstieg der Gehalte auf. Grund hierfür war vermutlich die recht lange Verweildauer.

Die Varianten mit Mais und Getreide zeigten hinsichtlich der Veränderung des Gehaltes von Frischgülle zu Gärsubstrat unterschiedliche Trends, die aber bei allen untersuchten Nährstoffen mit Ausnahme von Magnesium, gleich waren. So stiegen die Kalium- und Phosphorgehalte in der Variante 603 im Vergleich zu den übrigen beiden Varianten stark an. Grund dafür war die längere Verweildauer. Die Variante 701 zeigte einen schwächer ausgeprägten Anstieg während die Werte der Variante 703 im Gärsubstrat ähnlich hoch der entsprechenden Frischgülle waren. Dies lag vermutlich an dem besseren Verhältnis von Gülle zu NAWARO, im Gärsubstrat der Variante 701.

Bei der Betrachtung der Magnesiumgehalte waren diese Trends so nicht zu erkennen. Ein plausibler Grund dafür kann an dieser Stelle nicht gegeben werden. Die Varianten mit Mais und Gras zeigten einen mehr oder weniger deutlichen Anstieg der Nährstoff-

gehalte in den Gärsubstraten. Bei der Variante 601 kam es durch die lange Verweildauer zu einer Aufkonzentration der Nährstoffe im Gärsubstrat. Bei der Variante 803 ist der leicht höhere Nährstoffgehalt im Gärsubstrat durch die vergleichsweise hohe Nährstofffracht durch die zugeführte Menge an Mais zu begründen (siehe Anhangtabelle 140).

Die Variante 902 (mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot) zeigte im Gärsubstrat höhere Phosphor- und Kaliumgehalte. Diese resultierten vermutlich aus der hohen Fracht durch den Hühnertrockenkot, der hohe Konzentrationen, gerade an Phosphor aber auch an Kalium aufwies (siehe Anhangtabelle 143). Daher verwundert es auch nicht, dass das Gärsubstrat dieser Variante die höchsten Phosphorgehalte aller untersuchten Rindergüllevarianten aufwies. In Bezug auf Magnesium war bei dieser Variante jedoch ein geringerer Gehalt im Gärsubstrat als in der Frischgülle zu erkennen. Dies lag, vermutlich am hohen Anteil an Mais und Gras, die beide relativ geringe Magnesiumgehalte aufwiesen und somit zu einer Verdünnung der Konzentration im Gärsubstrat führen.

Beim Vergleich der Nährstoffgehalte der Gärsubstrate der Varianten mit Mais, Gras und Getreide zeigten beide einen Anstieg wobei dieser bei der Variante 903 jeweils stärker ausfiel. Grund hierfür ist vermutlich der relativ hohe Nährstoffinput über die Fracht an Gras bei dieser Variante (siehe Anhangtabelle 145).

Nährstoffgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Bei den Gehalten der pflanzenverfügbaren Fraktion kann keine Aussage über einen eventuellen Einfluss der Kosubstrate auf die Gehalte in den Gärsubstraten gemacht werden, da diese Analyse bei den Kosubstraten nicht angewandt wurde.

11.1.3 Schweinegülle

Gehalte der organischen Substanz

Auffällig ist, dass die OTS Gehalte bei den Varianten ohne Kosubstrate im Gärsubstrat abnahmen. Dies ist logisch, da während der Vergärung Kohlenstoff in Form von Methan und Kohlendioxid verloren geht. Die Varianten mit Kosubstrate zeigten ein gegenteiliges Bild. Hier stieg der OTS Gehalt mehr oder weniger stark an. Da die Anstiege bei allen Varianten mit Kosubstraten bei ca. 10% lagen, ist eine eindeutige Aussage über die Einflussnahme der einzelnen Kosubstrate nicht zumachen

Stickstoff- und Ammoniumgehalte bezogen auf die Trockensubstanz

Die Stickstoffgehalte im Gärsubstrat der Varianten ohne Kosubstrate stiegen, im Gegensatz zu jenen mit Kosubstraten innerhalb von 40 Tage um ca.30% bis 40% an. Dies ist auf eine Aufkonzentration durch Verlust an Festsubstanz im Zuge der Vergärung zurückzuführen. Durch Zuführung von Kosubstraten mit geringerer Stickstoffkonzentration kam es folglich auf der anderen Seite generell zu einer Verdünnung der Gehalte im Gärsubstrat. Bei den Varianten mit Mais (1001 und 1002) sank der Stickstoffgehalt durch den Zusatz von Mais fast um die Hälfte ab. Dies lag auch an der verhältnismäßig großen Menge an Mais im Vergleich zur Frischgülle im Gärsubstrat.

Die beiden Varianten mit Mais und Getreide unterschieden sich im Ausmaß der Verringerung des Stickstoffgehaltes im Gärsubstrat erheblich voneinander. So wies die Variante 1203 bei doppelt so hoher Stickstoffkonzentration in der Frischgülle ähnlich hohe Werte im Gärsubstrat auf wie die Variante 1201. Grund hierfür war vermutlich die wesentlich geringere Menge Mais die dem Kosubstrat der Variante 1201 zugefügt wurde. Die Variante mit Mais und Mist wies die geringste Reduktion des Stickstoffgehalte im Gärsubstrat auf. Hier liegt die Begründung in der hohen Stickstoffzufuhr durch den Festmist.

Ähnliche Verhältnisse zeigten auch die Ammoniumgehalte in den Gärsubstraten der Schweinegüllevarianten. Die Kosubstrate können zwar auch hier als ausschlaggebender Faktor angeführt werden, allerdings wurden die NAWARO's nicht auf den Ammoniumgehalt hin untersucht, so dass eine verifizierte Aussage in Bezug auf diesen Parameter nicht zu treffen ist.

Schwermetalle

Die Bleigehalte der Gärsubstrate und auch die unterschiedliche Entwicklung der Bleikonzentrationen von Frischgülle und Gärsubstrat variierten stark und ließen kein eindeutiges Muster erkennen. Eine Aussage in Bezug auf die gültigen Einflussfaktoren kann nicht vorgenommen werden. Festzuhalten bleibt allerdings, dass die Schwermetallgehalte im Gärsubstrat bei der Variante mit GPS generell mehr oder weniger stark absanken. Dies ist durch den hohen Anteil an GPS innerhalb der Variante erklärbar. Das verwendete GPS wies geringere Konzentrationen an Schwermetallen auf als die Gülle und sorgte somit für eine Verdünnung im Gärsubstrat. Auch bei den Varianten mit Mais sanken die Schwermetallgehalte aus dem gleichen Grund generell ab, da auch dieses Koferment für einen Verdünnungseffekt sorgte.

Im Gegensatz dazu stiegen die Schwermetallgehalte in den Gärsubstraten der Varianten ohne Kosubstrate an. Anzumerken ist allerdings, dass die Tendenzen zwischen den drei untersuchten Varianten ohne Kosubstrate je nach Element sehr stark unterschiedlich waren. Dies ist sehr erstaunlich, da die Verweildauer und alle übrigen bestimmenden Faktoren, laut Aussage der Landwirte, identisch waren.

Bei der Variante mit Mais und Mist zeigte sich bei den Schwermetallen ein Anstieg der Konzentrationen im Gärsubstrat. Dies kann durch die Zugabe von Mist als Koferment begründet werden, da dieser vergleichsweise hohe Schwermetallgehalte aufwies. Die einzige Ausnahme in diesem Zusammenhang bildete Kupfer. Bei diesem Schwermetall sank der Gehalt im Gärsubstrat trotz Festmist-Zugabe ab. Verantwortlich dafür war vermutlich der geringe Kupfergehalt des Mais, der einen sehr hohen Anteil im Gärsubstrat dieser Variante stellte. Die Varianten mit Mais und Getreide stellten in Bezug auf alle Schwermetalle im Gärsubstrat eine mehr oder weniger starke Reduktion der Konzentration dar. Die Streuung war dabei allerdings so groß, dass keine genauen Aussagen über den Einfluss der einzelnen Kosubstrate gemacht werden kann. Festzuhalten bleibt jedoch, dass der Einsatz der Kosubstrate generell eine Verringerung der Konzentrationen im Gärsubstrat mit sich brachte.

Gesamtnährstoffgehalte

Die Kaliumgehalte der Varianten ohne Kosubstrate stiegen im Gärsubstrat an, da durch die Vergärung Trockensubstanz verloren ging und es somit zu einer Aufkonzentration der verbleibenden Trockensubstanz kam. Auch bei der Variante mit Mais und Mist als Koferment kam es zu einer Erhöhung der Kaliumkonzentration. Dies lag aber nicht allein an einer Aufkonzentration, da durch den Einsatz von Mais als Kosubstrat eigentlich mit einer Verdünnung der Kaliumgehalte zu rechnen gewesen wäre. Festmist verursachte als Kosubstrat den Anstieg Kaliumkonzentration durch die enthaltenen hohen Gehalte. Bei den übrigen Varianten mit Kosubstraten kam es durchgängig zu einer Reduktion der Kaliumkonzentrationen im Gärsubstrat. Eine differenziertere Betrachtung ist hier leider nicht möglich, da die Unterschiede zwischen den Varianten diesbezüglich zu gering waren. Die Veränderungen der Magnesium- und Phosphorgehalte in den Gärsubstraten der Varianten mit Mais, der Varianten ohne Kosubstrate und der Varianten mit Mais und Getreide waren untereinander so unterschiedlich, dass hier ebenfalls keine eindeutige Interpretation möglich ist. Die Variante mit Mais und Mist zeigte eine Erhöhung der Magnesium- und Phosphorgehalte im Gärsubstrat die wahrscheinlich durch die Verwendung von Mist verursacht wurde. Im Gegensatz dazu verringerte sich die Magnesium- und Phosphorkonzentration im Gärsubstrat der Variante mit GPS, da dieses Kosubstrat hier vergleichsweise geringe Konzentrationen aufwies und es dadurch zu einer Verdünnung der Konzentration im Gärsubstrat kam.

Nährstoffgehalte der pflanzenverfügbaren Fraktion

Bei den Gehalten der pflanzenverfügbaren Fraktion kann keine Aussage über einen eventuellen Einfluss der Kosubstrate auf die Gehalte in den Gärsubstraten gemacht werden, da diese Parameter nicht für die Kosubstrate bestimmt wurden.

Antibiotika

In den Gülle- und Gärsubstratproben konnten außer Sulfadiazin und N4-Acetyl-Sulfadiazin keine Antibiotika nachgewiesen werden. Als Grund dafür kann hier die relativ lange Lagerungsdauer der Gülle- und Gärsubstratproben herangezogen werden, da, nach LANGHAMMER (1989), im Zuge der Lagerung die Antibiotika mehr oder weniger schnell abgebaut werden. Dies gilt sowohl für Tetracycline als auch für Sulfonamide, wobei Sulfonamide weniger persistent sind (vgl. WINCKLER, 2002). Die Tatsache, dass in den Gärsubstraten aus Schweinegülle und den entsprechenden Frischgüllen zwar Sulfonamide aber keine Tetracycline nachgewiesen werden konnten, lässt folgern, dass letztere bei der Medikation der Tierbestände keine Anwendung gefunden haben.

Die gemessenen Werte in den Gärsubstraten waren insgesamt mit maximal 1,5 mg/kg sehr gering, so dass von diesen kein Gefahrenpotenzial ausgeht. Insgesamt ist anzumerken, dass die Vergärung durch die Lagerung der Gülle insgesamt zu einer Verringerung der Konzentration an Antibiotika führt (vgl. LANGHAMMER, 1989).

Auch die hier ermittelten Daten bestätigen dies. So fällt bei den Vergleichen der entsprechenden Werte der Frischgüllen mit jenen der Gärsubstrate auf, dass bei allen beobachteten Varianten ein Abbau der Sulfonamide (in diesem Fall Sulfadiazin und N4-Acetyl-Sulfadiazin) im Gärsubstrat stattgefunden hat. Einzige Ausnahmen bildeten die Varianten 1002 und 1103 bei denen nur ein marginaler Anstieg zu verzeichnen war. Darüber hinaus waren die Werte derart niedrig, dass diese Besonderheiten auf Messfehler zurückzuführen sein dürften. Ähnliches gilt für die Daten bezüglich des Sulfadiazin-Metaboliten (N4-Acetyl-Sulfadiazin).

11.2 Schwermetallgrenzwerte in den Gärsubstraten

Eventuelle Überschreitungen der Schwermetallkonzentrationen vorhandener Grenzwerte werden für die untersuchten Gärsubstrate aus Misch-, Rinder- und Schweinegülle im Folgenden beschrieben. Dabei gelten als Bezugsquellen die Bioabfall-Verordnung (BioAbfV) (1998) und die Abfall-Klärschlamm-Verordnung (AbfKlärV) (1992).

Tabelle 14: Grenzwerte der BioAbfV und der AbfKlärV für die untersuchten Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink im Vergleich zu den ermittelten Gehalten in den drei Güllearten Mischgülle (9), Rindergülle (16) und Schweinegülle (9). In Klammern hinter den Konzentrationen ist die Anzahl der Überschreitungen aufgeführt

	BioAbfV	AbfKlärV	Gärsubstrat aus Mischgülle	Gärsubstrat aus Rindergülle	Gärsubstrat aus Schweinegülle
Blei (mg/kg)	100	900	1,5 - 7	1,5 - 6,9	0,8 - 6,6
Cadmium (mg/kg)	1	10	0,16 - 0,52	0,15 - 0,37	0,16 - 0,55
Chrom (mg/kg)	70	900	2,9 - 10,1	3,3 - 16,4	3,0 - 12,3
Kupfer (mg/kg)	70	800	35 - 127 (5)	5,9 - 110 (4)	65 - 579 (8)
Nickel (mg/kg)	35	200	6,3 - 10,8	4,0 - 17,7	4,4 - 22,7
Zink (mg/kg)	300	2500	236 - 600 (4)	138 - 519 (3)	254 - 1067 (8)

Es fällt auf, dass die Gärsubstrate aus allen Güllearten bei den Schwermetallen Blei, Cadmium, Chrom und Nickel weder die Grenzwerte der AbfKlärV noch die der BioAbfV überschritten. Anders sieht es bei den Schwermetallen Kupfer und Zink aus.

Die Kupfergrenzwerte der AbfKlärV wurden von keinem untersuchten Gärsubstrat überschritten. Die Grenzwerte für Kupfer der BioAbfV hingegen wurden von fünf Gärsubstraten aus Mischgülle überschritten. Grund hierfür war ein schon jenseits der Grenzwerte liegender Kupfergehalt in der Frischgülle. Einzige Ausnahme bildet die Variante 103, bei der der Gehalt in der Frischgülle unterhalb der Grenzwerte lag. Der Grund hierfür war der geringere Anteil an Rindergülle in der Frischgülle. Der hohe Kupfergehalt der Schweinegülle ist folglich als hauptverantwortlicher Grund für die Überschreitung der Kupfergrenzwerte anzusehen.

Bei den Gärsubstraten aus Rindergülle überschritten vier der 16 Gärsubstrate den Grenzwert der BioAbfV bezüglich des Schwermetalls Kupfer. Bei der Variante 402 lag bereits der Kupfergehalt der Frischgülle oberhalb des Grenzwertes. Bei den übrigen Varianten stieg der Kupfergehalt im Gärsubstrat aus verschiedenen Gründen an. So ist der Input an Kupfer bei der Variante 403 durch den verwendeten Schweinefestmist begründet. Bei der Variante 902 sorgte der Hühnertrockenkot für eine Überschreitung der Grenzwerte.

Die Gehalte der Schweinegüllevarianten überschritten, bis auf eine Variante, alle Gärsubstrate die Kupfergrenzwerte der BioAbfV. Dabei fällt auf, dass schon die Frischgülle ausnahmslos über dem Grenzwert lagen. Der Kupfergehalt der Frischgülle der Variante 1201 lag oberhalb des Grenzwertes der BioAbfV, der Kupfergehalt des Gärsubstrates allerdings nicht. Grund für die Verringerung war vermutlich der hohe Anteil an

Mais der eine wesentlich geringere Kupferkonzentration aufwies und somit zu einer Verdünnung der Kupferkonzentration führte.

Auch die Zinkgrenzwerte der AbfklärV wurden von keinem Gärsubstrat überschritten

Die Zinkgehalte von vier Mischgüllevarianten überschritten jedoch die Grenzwerte der BioAbfV. Bei den Varianten 101 und 302 lagen die Zinkgehalte der Frischgülle bereits oberhalb des Grenzwertes. Bei der Variante 201 lag der Gehalt der Frischgülle unterhalb des Grenzwertes, so dass der hohe Zinkinput über das Kosubstrat Festmist zu einem beträchtlichen Anstieg und somit zu einer Überschreitung des Grenzwertes führte. Bei der Variante 103 war der Anteil der Schweinegülle im Gärsubstrat wesentlich höher als in der Frischgülle, da die Zusammensetzung des Inputs der Anlage wechselte. Dies scheint die Begründung für die Tatsache zu sein, dass der Zinkgehalt in der Frischgülle unter und im Gärsubstrat weit oberhalb des Grenzwertes der BioAbfV lag.

Die Zinkgehalte der Gärsubstrate aus Rindergülle lagen mit Ausnahme der Varianten 403, 902 und 903 unterhalb des Grenzwertes der BioAbfV. Die Frischgülle der Gärsubstrate die oberhalb des Grenzwertes lagen, wiesen teilweise deutlich geringere Zinkgehalte auf und lagen somit ausnahmslos unterhalb des Grenzwertes. Grund für den Anstieg des Zinkgehaltes im Gärsubstrat der Variante 403 war der Zusatz des "Pürees" und des Festmistes, welche beide vergleichsweise hohe Zinkkonzentrationen aufwiesen. Bei der Variante 902 zeigte sich dasselbe Bild, nur das hier als Begründung für den Anstieg der Zusatz von Hühnertrockenkot herangezogen werden muss. Auch bei der Variante 903 zeigte sich ein so starker Anstieg der Zinkgehalte, dass dieser im Gärsubstrat über dem Grenzwert der BioAbfV lag. Hier ist die Begründung in dem im Verhältnis zur Gülle wesentlich höheren Input an Zink über die NAWARO's zu suchen.

Die Gärsubstrate aus Schweinegülle zeigten durchgehend Zinkgehalte jenseits des Grenzwertes der BioAbfV. Grund dafür war der schon höhere Gehalt in der Frischgülle. Die einzige Ausnahme bildete die Variante 1202. Hier sank der Zinkgehalt sehr stark ab, so dass dieser im Gärsubstrat unterhalb des Grenzwertes lag. Grund für die Reduktion war die starke Zugabe von GPS, welche durch ihre geringe Zinkkonzentration wahrscheinlich zu einer Verdünnung geführt hat.

11.3 Schwermetallgrenzwerte im Boden

Im Folgenden wird erörtert ob die Düngung der Böden in den Versuchsgefäßen, mittels Gärsubstraten aus Misch-, Rinder- und Schweinegülle, vorhandene Grenzwerte im Bezug auf die Schwermetallkonzentration im Boden überschreiten. Dabei gelten als Bezugsquellen die BioAbfV (1998) und die AbfklärV (1992).

Tabelle 15: Grenzwerte der BioAbfV und der AbfKlärV für die untersuchten Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink im Vergleich zu den ermittelten Gehalten im Boden mit den unterschiedlichen Güllearten Mischgülle (9), Rindergülle (16) und Schweinegülle (9) als Dünger

	BioAbfV für Lehm	AbfKlärV	Bodendaten (Mischgülle)	Bodendaten (Rindergülle)	Bodendaten (Schweinegülle)
Blei (mg/kg)	70	100	13,4 - 19,8	10,75 - 21,0	10,5 - 18,9
Cadmium (mg/kg)	1	1,5	0,14 - 0,22	0,12 - 0,20	0,12 - 0,18
Chrom (mg/kg)	60	100	17,7 - 51,4	4,5 - 50,8	18,4 - 47,1
Kupfer (mg/kg)	40	60	8,7 - 13,9	8,8 - 13,4	9,2 - 11,6
Nickel (mg/kg)	50	50	8,4 - 34,9	10,0 - 36,3	15,6 - 40,14
Zink (mg/kg)	150	200	51,7 - 61,2	47,4 - 59	47,3 - 66,0

Keiner der untersuchten Böden hat aufgrund der Düngung die Schwermetallgrenzwerte der BioAbfV (Lehm) noch jene der AbfKlärV überschritt.

11.4 Gefäßversuche

11.4.1 Sommergerste (2005)

Mischgülle

Bei keinem der untersuchten Parameter ergaben sich signifikante Unterschiede innerhalb der Ergebnissen im Bezug auf den Boden. Dies lässt vermuten, dass die festgestellten Korrelationen zwischen Frachten aus den Gärsubstraten und Gehalten der Böden zwar vorhanden sind, diese aber so gering waren, dass sie hier keine signifikante Unterschiede im Boden hervorriefen.

Der festgestellte signifikant höhere Zinkgehalt im Korn der Variante mit Mais und Mist gegenüber der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide lässt sich durch die festgestellten Korrelationen mit den Frachten an Cadmium, CAL-Phosphor und Zink erklären. Das Gärsubstrat mit Mais und Mist wies hingegen geringere Gehalte an CAL-Phosphor und Cadmium auf. Diese beiden Parameter verringern nach ALLOWAY die Zinkaufnahme von Pflanzen und können deshalb hier als Begründung für die unterschiedlich hohen Zinkgehalt im Korn herangezogen werden. Gleichzeitig wies dieses Gärsubstrat höhere Zinkgehalte auf, was ebenfalls zu einem Anstieg der Zinkgehalte im Korn geführt haben kann. Für die Höhe des Zinkgehaltes war vorwiegend die Gülle verantwortlich, da diese 60% bis 70% der entsprechenden Fracht lieferte.

Bei Cadmium war es sowohl die Gülle als auch der Festmist der hier als Quelle zu Buche schlug. Gras spielte eine etwas geringere Rolle bei den Cadmium- und Zinkgehalten, da nur 15% des Cadmiums und 14% des Zinks dem Gras als Kosubstrat zuzuordnen waren. Mais, und Getreide spielten hier nur eine untergeordnete Rolle.

Die signifikant niedrigeren Chromgehalte im Stroh der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide gegenüber jenen der Variante mit Mais und Mist, lassen sich durch eine höhere Stickstofffracht erklären, da nach ALLOWAY (1999) Stickstoff die Chromaufnahme hemmt. Gleichzeitig korrelierte der Chromgehalt im Stroh mit der Chromfracht. Die Variante mit Mais und Mist wies niedrigere Stickstoffgehalte und höhere Chromgehalte gegenüber der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide auf. Dies lässt sich auch durch eine höhere Chromfracht im Gärsubstrat erklären für den hier der Festmist verantwortlich war, da er für 38,4% der Chromfracht verantwortlich war. Die Gülle war allerdings auch ein nicht zu verachtender Faktor. Die übrigen vertretenen Kosubstrate spielten nur eine geringe Rolle.

Bei den Stickstoffgehalten in den Gärsubstraten lag die Hauptquelle mit 53%, bzw. 73% bei der Gülle. Andere Kosubstrate waren nur von geringer Bedeutung.

Die signifikant höheren Nickelgehalte im Stroh der Variante mit Mais, Mist und Gras im Vergleich zu den anderen Varianten können durch höhere Nickelfrachten begründet sein, die hier zwar im Vergleich der übrigen Varianten vorhanden waren, allerdings nicht durch signifikante Korrelationen gesichert werden konnten. Hierbei war vor allem der Festmist der bestimmende Faktor. Zusätzlich spielte allerdings die Gülle eine große Rolle.

Der signifikante Unterschied der Zinkgehalte im Stroh bei der Variante mit Mais und Mist gegenüber der Variante mit Mais, Mist und Gras kann durch die niedrigere Fracht an Kupfer bei der Variante mit Mais und Mist begründet werden, da hier eine signifikant negative Korrelation zwischen diesen beiden Faktoren zu erkennen war. Folglich sorgte die hohe Fracht an Kupfer für eine niedrige Zinkaufnahme der Pflanze (vgl. ALLOWAY, 1999). Auch der pH-Wert der Gärsubstrate korrelierte negativ mit den Zinkgehalten, so dass dies ebenfalls als Ursache für den signifikant geringeren Zinkgehalt des Strohs bei der Variante mit Mais, Mist und Gras im Vergleich zur Variante mit Mais und Mist genannt werden kann.

Rindergülle

Der signifikant höhere Kaliumgehalt der Variante mit Mais gegenüber der Variante mit Mais, Gras und Festmist ist durch die höhere Fracht an Kalium begründet, die sich hier auch signifikant auf den Kaliumgehalt der Böden aufgewirkt hat.

Der signifikant höchste Gehalt an Nickel im Korn der Variante mit Mais und Getreide, gegenüber jenem der Varianten mit Mais und jenem der Variante mit Mais, Mist und Gras lässt sich durch die signifikant negative Korrelation mit dem pH-Wert des Gärsubstrates begründen.

Schweinegülle

Die Biomasse des Korns der Variante mit Mais war signifikant höher als die Biomasse der Variante mit Mais und Getreide. Grund dafür war vermutlich die Korrelation zwischen dem Kornertrag und der Ammoniumfracht. Ein ähnlicher Grund scheint bei den Signifikanzunterschieden der Proteingehalte der Variante mit Mais gegenüber jenem der Variante mit Mais und Getreide vorzuliegen. Hier war der Stickstoffgehalt des Gärsubstrats mit Mais höher als jener des Gärsubstrates aus Mais und Getreide

11.4.2 Ölrettich

Mischgülle

Die Kupfergehalte in der oberirdischen Biomasse bei der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide waren gegenüber der Variante mit Mais und GPS signifikant höher. Verantwortlich hierfür war die höhere Fracht an Kupfer in der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide. Der Festmist stellte in diesem Falle die Kupferquelle dar. Ebenfalls schlugen sich die Kupfergehalte der Frischgülle im Gehalt der Gärsubstrate nieder. Gleichzeitig war aber auch das Verhältnis von Rinder- zu Schweinegülle in den Gärsubstraten aus Mischgülle zu berücksichtigen. Auch die deutlich höhere Fracht an Kalium in der Variante mit Mais und GPS, kann als Grund für diesen signifikanten Unterschied der Kupfergehalte in der oberirdischen Bioasse herangezogen werden, da Kalium die Kupferaufnahme von Pflanzen behindert (vgl. ALLOWAY, 1999). Als Hauptkali-umquelle war ebenfalls die Gülle in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung aus Schweine- und Rindergülle zu nennen

Auch die Nickelgehalte in der oberirdischen Biomasse waren bei der Variante mit Mais, Mist, Gras und Getreide gegenüber der Variante mit Mais und GPS signifikant höher. Laut der errechneten Korrelationen kann hier einerseits der pH-Wert des Gärsubstrates, und/ oder die Nickelfracht als Grund genannt werden. Der pH-Wert der beiden hier angesprochenen Gärsubstrate variierte nur wenig und kann deshalb als Begründung für die signifikanten Unterschiede ausgeschlossen werden. Die Nickelfrachten hingegen variierten deutlich. Ausschlaggebend dabei waren einerseits wieder die Zusammensetzung und gleichzeitig der Anteil der Gülle am Gärsubstrat, andererseits zeigte die höchste Nickelkonzentration der Rinderfestmist auf, wobei allerdings wieder der Anteil im Gärsubstrat von Belang gewesen sein dürfte.

Rindergülle

Die Chromgehalte im Boden der Variante mit Mais und der Variante mit Mais, Mist, Gras und GPS waren signifikant höher gegenüber den Werten der Variante mit Mais, Gras und Getreide. Grund dafür waren die höheren Chromgehalte der Gärsubstrate, wobei hier der Mais wegen der hohen Konzentration in den entsprechenden Gärsubstraten ausschlaggebend für die signifikanten Unterschiede gewesen sein dürfte. Aller-

dings traten hier keine signifikanten Korrelationen zwischen den Chromgehalten der Böden und der Chromfracht durch die Gärsubstrate auf.

Die Nickelgehalte im Boden waren bei der Variante mit Mais, Getreide, Gras und Hühnertrockenkot signifikant höher als jene der Variante mit Gras, Getreide und GPS. Es waren zwar keine errechneten Korrelationen festzustellen, dennoch konnte diese Signifikanz durch die unterschiedliche Nickelfracht durch die Gärsubstrate erklärt werden. So zeigte das Gärsubstrat der Variante mit Mais, Getreide, Gras und Hühnertrockenkot wesentlich höhere Nickelgehalte. Die Hauptfaktoren waren hier der Anteil der Frischgülle am Gärsubstrat sowie der Grasanteil, da Gras auch einen vergleichsweise hohen Nickelgehalt aufwies. Nicht außer Acht zu lassen ist in diesem Zusammenhang der Hühnertrockenkot der ähnlich hohe Nickelgehalte aufzeigte.

Die Nickelgehalte in der oberirdischen Biomasse korrelierten positiv mit der Fracht an Nickel. Dies begründet den signifikanten Unterschied der Nickelgehalte in der oberirdischen Biomasse zwischen der Variante mit Gras, Getreide und GPS auf der einen Seite und den Varianten mit Mais, mit Mais, Gras, Getreide und GPS und der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot auf der anderen Seite. Ausschlaggebende Faktoren scheinen hier die Gehalte der Frischgülle, sowie des Hühnertrockenkots als auch des Grases gewesen zu sein, da diese die höchsten Konzentrationen aufwiesen. Allerdings spielte hierbei vermutlich auch das Mengenverhältnis der Bestandteile eine wichtige Rolle. Die Verweildauer scheint ebenfalls einen Einfluss auf die Konzentration der Gärsubstrate gehabt zu haben, da die Summe der Nickelfrachten der Kosubstrate bei der Variante mit Mais deutlich unter jenen der Variante mit Gras, Getreide und GPS lag, die Gärsubstratgehalte an sich aber bei der Variante mit Mais höher lagen. Im Zuge des Gärprozesses kommt es zu einer Verringerung des Trockensubstanzgehaltes und somit zu einer Aufkonzentration der Nickelgehalte im Gärsubstrat. Dies begründet den höheren Nickelgehalt im Gärsubstrat welchem lediglich Mais als Kosubstrat beigelegt wurde, da hier die Verweildauer im Fermenter doppelt so lang war, wie bei jener Variante mit Gras, Getreide und GPS als Kosubstrate.

Schweinegülle

Die oberirdische Biomasse bei der Variante ohne Kosubstrat war signifikant größer als bei der Variante mit GPS. Als Grund dafür können die errechneten positiven Korrelationen zwischen der oberirdischen Biomasse und der Ammoniumfracht, sowie der Fracht an Phosphor herangezogen werden. Hierbei fielen deutlich geringere Konzentrationen im Bezug auf beide Parameter im Gärsubstrat mit GPS auf. Die größeren Differenzen lagen allerdings bei den Ammoniumgehalten. Hierbei war die Gülle als einzige Kenngröße heranzuziehen, da der Ammoniumgehalt der NAWARO's nicht bestimmt worden ist. Auffallend war hierbei zudem, dass die Frischgülle der Variante mit GPS im Vergleich höhere Ammoniumgehalte aufwies. Da die Verweildauer hier als Faktor auszuschließen war, wird ein Verdünnungseffekt durch die Zugabe der GPS, die wesent-

lich geringere Stickstoffgehalte aufwies als die Gülle, der Grund für die signifikant geringere Biomasse der Variante mit GPS gewesen sein.

Die signifikant höchsten Nickelwerte fanden sich in der oberirdischen Biomasse der Variante ohne Kosubstrate gegenüber der Variante mit GPS. Begründet werden kann dies durch die höheren Frachten an Nickel. Die Frischgülle war hierbei der ausschlaggebende Faktor, da diese im Vergleich zu den NAWAROS einen sehr viel höheren Nickelgehalt aufwies. Allerdings war auch hier wieder ein Verdünnungseffekt durch das GPS im entsprechenden Gärsubstrat festzustellen, da der Nickelgehalt in der Frischgülle der Variante mit GPS höher lag als jener der Variante ohne Kosubstrat und gleichzeitig die Gärsubstrate der hier angesprochenen Varianten ein umgekehrtes Bild zeigten.

11.4.3 Winterweizen

Mischgülle

Bei den Böden traten bei den Mischgüllen keinerlei Signifikanzen auf. Die Biomasse des Strohs der Variante mit Mais und GPS wies allerdings signifikant höhere Werte auf, als die Variante mit Mais und Gras. Gleichzeitig konnten positive Korrelationen zwischen der Biomasse des Strohs und dem pH-Wert des Gärsubstrates, der Stickstoff-, und Ammoniumfracht als auch mit der Fracht an CAL-Kalium festgestellt werden. Der pH-Wert kann an dieser Stelle nicht als Begründung herangezogen werden, da die Werte dieser beiden Gärsubstrate annähernd gleich waren. Die Stickstoffgehalte der Variante mit Mais und GPS waren deutlich höher als jene der Variante mit Mais und Gras. Grund dafür war aller Wahrscheinlichkeit nach der höhere Ausgangsgehalt der Frischgülle und das günstigere Mengenverhältnis der Gülle im Gärsubstrat bei der Variante mit Mais und GPS. Ähnliches gilt in diesem Zusammenhang auch für die Betrachtung von Ammonium. Der Kaliumgehalt der beiden hier angesprochenen Gärsubstrate variierte nur sehr schwach und liefert daher keine Begründung für die hier vorliegenden signifikanten Unterschiede bezüglich der Biomasse des Strohs.

Die signifikanten Unterschiede der Zink und Nickelgehalte der entsprechenden Varianten können weder durch die Fracht des jeweiligen Schwermetalls noch durch sonstige errechnete signifikante Korrelationen begründet werden.

Rindergülle

Die hier aufgetretenen signifikanten Unterschiede der alkalischen Phosphataseaktivität können auf der Grundlage der erhobenen Daten nicht interpretiert werden, da keine Korrelationen zwischen Parametern der Gärsubstrate und der alkalischen Phosphataseaktivität aufgetreten sind. Ähnliches gilt auch für die aufgetretenen signifikanten Unterschiede der Blei-, Zink- und der Kaliumgehalte der Böden.

Die Biomasse des Strohs bei der Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS, war signifikant geringer als jene der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot.

Die lässt sich durch die signifikante Korrelation der Biomasse mit der Stickstoff-, und Ammoniumfracht erklären. Der Stickstoff- und Ammoniumgehalt der Variante mit Mais, Gras, Getreide und Hühnertrockenkot war annähernd doppelt so hoch wie jener der Variante mit Mais, Gras, Getreide und GPS. Die Frischgülle hatte nur einen geringen Effekt, da die Stickstoff- und Ammoniumkonzentrationen der Gülle der Variante Mais, Gras, Getreide und GPS leicht höher lag. Den Hauptanteil der Stickstofffracht machten dabei das Gras und vor allem der Hühnertrockenkot aus, welcher extrem hohe Stickstoff- und Ammoniumgehalt aufwies. Die Gründe für die auftretenden signifikanten Unterschiede der Rohproteingehalte und der Chromgehalte sind durch die erhobenen Daten nicht zu klären.

Schweinegülle

Für die signifikant unterschiedlichen Zinkgehalte der Böden der Variante ohne Kosubstrat und der Variante mit GPS liegen keine signifikanten Korrelationen vor. Allerdings kann die Zinkfracht aus den entsprechenden Gärsubstraten als Faktor in Betracht gezogen werden. So lag doch der Zinkgehalt im Gärsubstrat ohne Kosubstrate wesentlich höher. Zwar war die Frischgülle dieser Variante wesentlich reicher an Zink, allerdings konnte man zusätzlich wieder einen Verdünnungseffekt durch das zugegebene Kosubstrat GPS bei der entsprechenden Variante verzeichnen. Die GPS wies einen wesentlich geringeren Zinkgehalt auf als die Frischgülle. Die signifikanten Unterschiede der Böden in Bezug auf den Nickelgehalt können durch die hier erhobenen Daten nicht erklärt werden.

Die signifikanten Unterschiede im Bezug auf die Biomasse zwischen der Variante mit GPS und der Variante mit Mais, können durch signifikante Korrelationen mit der Stickstoff- und Ammoniumfracht, sowie der Fracht an Magnesium erklärt werden. Zwar würde der sehr viel höhere Stickstoffgehalt und somit auch die höher Stickstofffracht der Variante mit Mais die größere Biomasse begründen, allerdings war der Stickstoffgehalt der Variante ohne Kosubstrat noch viel höher und müsste folglich zur vergleichsweise größten Biomasse führen. Dies war jedoch nicht der Fall. Das Gärsubstrat der Variante mit Mais wies hingegen den mit Abstand höchsten Magnesiumgehalt auf, so dass dies auf Grund der errechneten signifikanten Korrelation zwischen Biomasse und Magnesiumfracht als Hauptfaktor angesehen werden kann.

Die errechnete negative Korrelation zwischen dem Zinkgehalt im Korn und der Fracht an CAL-Phosphor, erklärt gut die signifikanten Unterschiede zwischen der Variante ohne Kosubstrat und der Variante mit Mais, da Phosphor die Zinkaufnahme der Pflanzen hemmt (vgl. ALLOWAY, 1999). Das Gärsubstrat mit Mais hatte vergleichsweise höhere CAL-Phosphorgehalte als das Gärsubstrat ohne Kosubstrate, wodurch der signifikante Unterschied zwischen diesen beiden Varianten im Bezug auf den Zinkgehalt im Korn erklärt werden kann. Darüber hinaus zeigte das Gärsubstrat ohne Kosubstrate im Vergleich wesentlich höhere Zinkgehalte. Aber eine signifikante Korrelation dieser bei-

den Parameter konnte nicht festgestellt werden. Diese eben aufgeführten Sachverhalte erklären auch die signifikanten Unterschiede im Bezug auf den Zinkgehalt im Stroh.

Die signifikanten Unterschiede im Bezug auf den Kupfergehalt im Korn zwischen den Varianten ohne Kosubstrate und der Variante mit GPS kann durch die Korrelation zwischen der Kupferfracht und dem Kupfergehalt im Korn begründet werden. Dabei fällt abermals auf, dass die Frischgülle der jeweiligen Varianten keinen auffällig unterschiedlichen Kupfergehalt aufwiesen, so dass es wieder zu einem Verdünnungseffekt durch Zugabe von NAWARO-Kosubstraten, in diesem Fall GPS gekommen sein muss. Das Mengenverhältnis spielte in dem Zusammenhang eine große Rolle.

Die signifikant unterschiedlichen Chromgehalte im Korn zwischen der Variante ohne Kosubstrate und der Variante mit GPS lässt sich durch die höhere Fracht an Chrom erklären. Hierbei fällt auf, dass die Variante mit Mais einen leicht höheren Chromgehalt aufwies als jene ohne Kosubstrate. In diesem Zusammenhang war allerdings auch eine negative Korrelation zwischen dem Chromgehalt im Stroh und dem OTS-Gehalt des Gärsubstrates aufgetreten. Beim Vergleich der OTS-Gehalte zeigte nun zusätzlich das Gärsubstrat ohne Kosubstrate den geringsten Wert, so dass hier der Gehalt an organischem Kohlenstoff als Begründung für die signifikanten Unterschiede mit herangezogen werden muss.

In den Bodenproben konnten keinerlei Antibiotika nachgewiesen werden. Daher liegt der Schluss nahe, dass entweder die aufgebrachte Menge an Antibiotika über die Gärsubstrate zu gering, oder die eingefrorenen Bodenproben zu lange gelagert waren und somit die entsprechenden Antibiotika schon bis unter die Nachweisgrenze abgebaut worden waren (vgl. LANGHAMMER, 1989). Vermutlich sind beide Aspekte hier als Ursache zu nennen. Es konnte folglich auch keine Korrelation zwischen der Antibiotikafracht und den Bodengehalten festgestellt werden. Ein Einfluss der Gärsubstrate auf die Antibiotikagehalte der Böden konnte hier also durch oben genannte Umstände nicht nachgewiesen werden.

11.4.4 Sommergerste (2006)

Mischgülle

Hier konnten keinerlei signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Rindergülle

Die aufgetretenen signifikanten Unterschiede zwischen den Chromgehalten der Böden können durch keine der Korrelationen begründet werden.

Im Zusammenhang mit den signifikanten Unterschieden der Biomasse des Strohs können die Frachten von ganzen sieben Parametern als Begründung angeführt werden. Diese sind Stickstoff, Ammonium, Phosphor, Kalium, Zink, Kupfer und Nickel. Alle sieben sind logisch, nur scheint die Stickstoff und Ammoniumfracht den größte Einfluss zu

haben, da Stickstoff als Hauptnährstoff der Pflanzen hinlänglich bekannt ist. Dabei fällt auf, dass die Frischgülle der Variante mit Mais, Gras und Getreide schon höhere Stickstoffgehalte aufwies als jene der Variante mit der signifikant geringsten Biomasse im Stroh. Zusätzlich war das Verhältnis von Gülle zu Kosubstrat in der Variante mit der signifikant höheren Biomasse günstiger, so dass bei der Variante mit Mais und Getreide ein Verdünnungseffekt aufgetreten ist der sich hier, im Gegensatz zu Verdünnungseffekten bei Schwermetallen, negativ auf den Ertrag auswirkt.

Die signifikanten Unterschiede der Kupfergehalte im Korn zwischen der Variante mit Mais, Gras und Getreide und der Variante mit Mais und Gras lassen sich durch die Korrelation mit der Kupferfracht begründen. So waren die Kupfergehalte im Korn bei der Variante mit Mais, Gras und Getreide deutlich höher. Ausschlaggebend hierfür war nicht der Gehalt an Kupfer in der Frischgülle, sondern die unterschiedlichen Gehalte im Mais in den beiden Gärsubstraten.

Die Variante mit Mais, Gras und Getreide zeigte darüber hinaus den signifikant höchsten Zinkgehalt im Korn. Die hier auftretenden Unterschiede sind ebenfalls durch die Korrelation mit der Fracht an Zink aus den Gärsubstraten zu begründen. Hier war die Frischgülle der ausschlaggebende Faktor, da diese bei der Variante mit Mais, Gras und Getreide die höchste Konzentration an Zink aufwies. Gleichzeitig war das Mischungsverhältnis im Gärsubstrat bei der Variante mit Mais und Getreide im Vergleich zu der Variante mit Mais, Gras und Getreide wesentlich ungünstiger.

Schweinegülle

Die Biomasse des Strohs und des Korns war bei der Variante ohne Kosubstrate signifikant höher als bei der Variante mit Mais und Getreide. Signifikante Korrelationen die als sinnvolle Begründung dienen können sind die aufgetretenen Korrelationen zwischen der Biomasse und den Frachten an Stickstoff, Ammonium, Phosphor, Kalium, Kupfer und Zink. Die Nickelfracht korrelierte nur positiv mit der Biomasse des Strohs. Die Schwermetalle Nickel, Zink und Kupfer sind Pflanzennährstoffe und fördern folglich das Pflanzenwachstum. Die Nickelgehalte in der Frischgülle der Variante mit Mais und Getreide waren geringer als jene der übrigen beiden Schweinegüllen, so dass man hier einen Einfluss der Frischgüllegehalte feststellen kann. Zusätzlich fand bei der Variante mit Mais und Festmist eine Verdünnung statt, da der Mais eine wesentlich geringere Nickelkonzentration aufwies als die Gülle und der verwendete Festmist. Ähnliches gilt auch im Bezug auf Zink und Kupfer. Kalium und Phosphor scheiden als bestimmende Faktoren hier aus, da die Frachten der Variante mit Mais und Festmist höher lagen als jene der Variante ohne Kosubstrate. Allerdings können die Stickstoff- und Ammoniumfrachten hier als Begründung für die signifikanten Unterschiede herangezogen werden, da die Frachten der Variante ohne Kosubstrate am höchsten und jene der Variante mit Mais und Getreide am niedrigsten waren obwohl die Frischgülle der Variante mit Mais und Getreide eine wesentlich höhere Stickstoffkonzentration aufwies. Folglich

fand durch die Zugabe der Kosubstrate eine Verdünnung der Stickstoff- und Ammoniumgehalte statt.

Die signifikanten Unterschiede im Bezug auf den Zinkgehalt im Stroh sind durch die Zinkfrachten nicht zu erklären, da die Variante ohne Kosubstrate im Gärsubstrat den höchsten Zinkgehalt aufwies, gleichzeitig aber den signifikant niedrigsten Zinkgehalt im Stroh zeigte.

11.5 Hoftorbilanzen

Bei der Betrachtung von landwirtschaftlichen Betrieben mit Biogasproduktion sind Betriebe wünschenswert, die eine hohe Produktion an Biogas aufweisen um somit möglichst viel fossile Energieträger einsparen und gleichzeitig keine hohen Nährstoffüberschüsse aufweisen, damit die Umwelt nicht belastet wird.

Beiden Zielen gleichzeitig wurde keiner der bisher untersuchten Betriebe gerecht. Entweder war die Biogasproduktion hoch und die Nährstoffüberschüsse ebenfalls, da Wirtschaftsdünger oder nachwachsende Rohstoffe von außen zugeführt wurden und die selbst angebauten pflanzlichen Produkte nicht verkauft wurden, sondern zur Biogasproduktion im Betrieb verbleiben; oder die Biogasproduktion und die Nährstoffüberschüsse waren gering, was darin begründet ist, dass keine Substrate zur Vergärung zugekauft wurden und die angebauten pflanzlichen Produkte überwiegend verkauft wurden. Vergärt wurde in diesen Betrieben lediglich die betriebseigene Gülle und eine kleine Menge an nachwachsenden Rohstoffen.

Eine hohe Biogasproduktion bei gleichzeitig geringen Nährstoffüberschüssen wird allerdings dann möglich, wenn der biogasproduzierende Betrieb keine Einbahnstraße für die Nährstoffe darstellt. D.h., dass die Nährstoffe, die in den Betrieb gelangen, auch wieder exportiert werden. Dies kann dadurch erfolgen, dass ein kooperierender Landwirt, der keine Biogasanlage besitzt, seine Gülle von einem Landwirt mit Biogasproduktion abnehmen lässt und die gleiche Menge an vergorener Gülle zurückbekommt. Diese Praxis erfolgt beispielsweise in Betrieb II. Des Weiteren kann die vergorene Gülle ähnlich einer Güllebörse an einen anderen Betrieb abgegeben werden. Auf diese Weise wäre es also möglich, eine hohe Menge an Biogas zu produzieren und tolerierbare Nährstoffsalden einzuhalten.

12 Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Güllescreenings zeigen zunächst eindeutig auf, dass eine Monokausalität für die Veränderung der verschiedenen Parameter im Gärsubstrat nicht vorhanden ist. Als Einflussfaktoren kann hier zunächst die Verweildauer genannt werden. Als Konsequenz einer langen Verweildauer ergeben sich folgende Entwicklungen. Die OTS-Gehalte im Gärsubstrat verringern sich gegenüber den Gehalten der Frischgülle bei zunehmender Verweildauer. Ein umgekehrtes Bild zeigt sich bei der Betrachtung der Nährstoff- und Schwermetallgehalte. Hier steigt die Konzentration im Bezug auf die Trockensubstanz bei längerer Verweildauer merklich an. Grund dafür ist die Verringerung der Festsubstanz im Zuge des Gärprozesses.

Der Einsatz von NAWARO's ist ein weiterer bedeutender Faktor. Eine generelle Aussage ist hier allerdings nur im Ansatz möglich. So wirken sich verschiedene NAWARO's in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Gehalte unterschiedlich aus. So kann festgehalten werden, dass Hühnertrockenkot und Festmist, sowie das oben beschriebene „Püree“ durch ihre hohe Konzentration an Nährstoffen und Schwermetallen als auch an Kohlenstoff jeweils zu einem Anstieg der jeweiligen Gehalte führen können. Aber auch die übrigen verwendeten NAWARO's, wie Gras, Mais und Getreide können einen Anstieg der Nährstoff- und Schwermetallgehalte mit sich bringen, da nicht nur der bloße Einsatz des Kosubstrates von Bedeutung ist sondern auch die Menge des jeweiligen Kosubstrates und die damit einhergehende Fracht des jeweiligen Elementes. Genauso kann der Einsatz von NAWARO's eine Reduzierung der Nährstoff- und Schwermetallgehalte im Gärsubstrat nach sich ziehen, wenn zum Beispiel die Konzentration des jeweiligen Nährstoffes oder Schwermetalls im Kosubstrat und gleichzeitig der Input in das Gärsubstrat über die NAWARO's geringer ist als durch die Gülle.

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Gehalte in den einzelnen Gärsubstraten ist natürlich auch der Ausgangsgehalt der Frischgülle bezüglich des jeweiligen Parameters. Ganz besonders zählt dies bei der Untersuchung der Mischgüllen. Das Verhältnis von Rinder- zu Schweinegülle ist wesentlich für die Betrachtung dieser Gärsubstrate, da Schweinegülle, im Hinblick auf die Trockensubstanz in der Regel höhere Nährstoff- und Schwermetallgehalte aufweist als Rindergülle.

Bei dem Vergleich der analysierten Schwermetallgehalte der Gärsubstrate mit den geltenden Grenzwerten der AbklärV konnte keine Überschreitung festgestellt werden. Anders sah es im Bezug auf die Grenzwerte der BioAbfV aus. Hier wurden die Grenzwerte für Zink und Kupfer teilweise deutlich überschritten. Diese Überschreitungen lassen sich durch die oben gegebenen Begründungen für Veränderungen der Schwermetallgehalte in Gärsubstraten erklären. Allerdings sind die Ursachen individuell unterschiedlicher Natur. Eine genaue Aussage über den Anteil des Einflusses der verschiedenen Kenngrößen ist hier nicht möglich, da man sich bezüglich der Angaben nur auf die Aussagen der Anlagenbetreiber berufen konnte. Außerdem war die Vielfältigkeit

der Zusammensetzung der Gärsubstrate in Hinblick auf diese Fragestellung mehr als hinderlich.

Bei der Betrachtung des Einflusses der Gärsubstrate auf die Bodengehalte bleibt festzuhalten, dass signifikante Korrelationen zu beobachten waren. Im Gegensatz dazu waren signifikante Unterschiede der Gehalte der Böden der einzelnen Varianten selten bis gar nicht vorhanden. Grund dafür ist vermutlich die relativ geringe Fracht an Schwermetallen und Nährstoffen, die auf die Böden aufgebracht wurden, da sich bei der Düngung an der guten fachlichen Praxis orientiert wurde. Außerdem wurden bei jedem Versuchsansatz die Versuchgefäße mit „frischem“ Boden bestückt. Folglich kann die Versuchsdauer von jeweils einer Vegetationsperiode bei gleichzeitig derart geringen Frachten als zu kurz erachtet werden. Festzuhalten bleibt also, dass bei den hier durchgeführten Untersuchungen kein direkter Einfluss des Gärsubstrates auf den Boden zu erkennen war.

Beim Vergleich der analysierten Schwermetallgehalte der Böden wurden darüber hinaus weder die Grenzwerte der AbfklärV noch die der BioAbfV für die hier vorliegende Bodenart Lehm überschritten. Auch dies ist auf die geringe Fracht an Schwermetallen durch die Gärsubstrate im Versuchszeitraum zurückzuführen.

Die Konzentration der Antibiotika in der Gülle wird von der Menge der Medikation der einzelnen Antibiotika bestimmt. Während der Lagerung der Gülle wird die Konzentration laut Literatur (vgl. LANGHAMMER, 1989; WINCKLER 2002), wesentlich verringert. Dies scheint auf Basis der Datenlage auch bei der Vergärung der Fall zu sein, so dass ein zusätzlicher positiver Nebeneffekt im Zuge der Vergärung auftritt.

Bei der Betrachtung der Pflanzenparameter zeigte sich ein anderes, wenn auch recht uneinheitliches Bild. Hier zeigten sich verschiedene Signifikanzen die zwischen den einzelnen Versuchen und den Güllearten der Gärsubstrate sehr stark variierten.

Beim Termin 1 (Sommergerste) zeigte sich beispielsweise, dass die Zinkgehalte in der Pflanze direkt von der Zinkfracht aber auch von anderen Parametern im Gärsubstrat wie der Cadmiumfracht oder der pH-Wert abhängig waren. Neben der Fracht des jeweiligen Schwermetalls zeigten auch andere Parameter einen Einfluss auf die Schwermetallgehalte der Pflanzen, wie zum Beispiel die OTS-Fracht, oder die Fracht an CAL-Phosphor. Die Aufnahme bestimmter Elemente wurde durch die Frachten der Gärsubstrate aber auch negativ beeinflusst. So führte eine höhere Kupferfracht bei den Mischgüllen des ersten Termins (Sommergerste) zu einer signifikanten Hemmung der Zinkaufnahme der Pflanze. Als Hauptquelle für die erhöhten Frachten der Schwermetalle können die Frischgülle und spezielle hoch angereicherte NAWARO's wie Festmist, oder Hühnertrockenkot genannt werden. Aber auch andere Parameter steuern die Schwermetallgehalte der Gärsubstrate, wie die Verweildauer, oder das Verhältnis und die Konzentration der jeweilig verwendeten NAWARO's (siehe oben). Nicht nur die Schwermetallgehalte in den Pflanzen werden mehr oder weniger direkt durch das Auf-

bringen des Gärsubstrates beeinflusst, sondern auch die Nährstoffaufnahme, wobei hinzuzufügen ist, dass es sich bei Kupfer, Nickel und Zink auch um Pflanzennährstoffe handelt (vgl. LARCHER 2001). So wirkte sich eine höhere Kaliumfracht auch positiv auf den Kaliumgehalt im Korn aus. Darüber hinaus ist auffällig, dass überall dort, wo signifikante Unterschiede der Biomassen und der Proteingehalte auftauchten, als Begründung die durch das Gärsubstrat aufgebrauchte Fracht an Stickstoff und Ammonium der Ausschlaggebende Faktor war. Folglich kann man sagen, dass die Stickstoffgehalte der Gärsubstrate sich direkt positiv auf die Biomasse auswirken.

Trotzdem bleibt festzuhalten, dass alle hier beschriebenen Auswirkungen der Gärsubstrate auf die untersuchten Pflanzen und Böden nicht überall auftraten und somit eine Verallgemeinerung unmöglich machen.

13 Schlussbetrachtung

Die Gärsubstrate aus Biogasanlagen, wirken sich wie jeder andere organische Dünger positiv auf das Pflanzenwachstum aus, vorausgesetzt die Frachten der schädlichen Elemente wie Schwermetalle überschreiten keine kritischen Grenzwerte. Die in der Praxis angewandten Gärsubstrate führen bei fachgerechter Anwendung nicht zu einer Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit noch zu negativen Auswirkungen auf den Ertrag. Die NAWARO's beeinflussen das Gefährdungspotential der Gärsubstrate, sowohl positiv, durch einen Verdünnungseffekt durch eine geringere Schwermetallkonzentration als die Frischgülle, als auch negativ durch erhöhten Schwermetallinput. In diesem Zusammenhang sind Festmist und Hühnertrockenkot zu nennen. NAWARO's wie Mais, Gras und Getreide, mit wesentlich geringeren Schwermetallgehalten senken die Schwermetallkonzentration im Gärsubstrat in der Regel ab. Gleiches gilt auch für die Nährstoffgehalte. Hier bilden Hühnertrockenkot und Festmist erhebliche Inputquellen. Ein weiterer Faktor hinsichtlich der Schwermetall- und Nährstoffgehalte im Gärsubstrat ist die Verweildauer. Eine längere Verweildauer führt zu einer Aufkonzentration der Schwermetall- und Nährstoffgehalte (bezogen auf die Trockensubstanz), da während der Vergärung Kohlenstoff und somit Festsubstanz verloren geht.

Eine genaue Aussage über die Beeinflussung der jeweiligen Kosubstrate auf die Gehalte der Gärrückstände kann nicht getroffen werden, da in der Praxis die Biogasanlagenbetreiber einen ständig wechselnden Mix aus verschiedenen NAWARO's mit stark variierenden Anteilen in ihren Anlagen einspeisen. Erschwerend hinzu kommt, dass die anderen bestimmenden Parameter wie Verweildauer, Zusammensetzung der Frischgülle, oder Vergärungstemperatur nicht konstant sind. Um eine genaue Aussage bezüglich des Einflusses der verschiedenen NAWARO's auf die Zusammensetzung des Gärrückstandes treffen zu können wäre es nötig in einer Versuchs- oder Laborbiogasanlage die Auswirkungen einzelner NAWARO's und auch Kombinationen der NAWARO's mit einer „Standardgülle“ bei gleicher Vergärungstemperatur und Verweildauer zu untersuchen. Gleichzeitig könnte man durch Variation der Anlagenparameter wie Verweildauer u.ä. den Einfluss dieser auf ein Gärsubstrat mit konstanter Zusammensetzung hin überprüfen. Um den Einsatz von Biogasanlagen vollständig zu optimieren, sollte bei diesen Versuchen natürlich auch ein optimaler Gasertrag angesteuert werden, da die energetische Nutzung von Biogas im Zeitalter von Klimaerwärmung und Verknappung und Verteuerung der fossilen Brennstoffe ein lukrativer und ökologisch sinnvoller Baustein der Energieversorgung mit regenerativen Energieträgern darstellt.

14 Literaturverzeichnis

- ALEF, K., NANNIPIERI, P. (1995): *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. – Academic Press, London.
- ALLOWAY, B. J. (1999): *Schwermetalle in Böden*. – Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- BLACKWELL, P.A., et. al. (2004): Ultrasonic extraction of veterinary antibiotics from soils and pig slurry with SPE clean-up and LC-UV and fluorescence detection. *Talanta*. 64: 1058 - 1064
- BLUME, H.-P. (2004): *Handbuch des Bodenschutzes*. – 3. Auflage 2004, ecomed Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg.
- HYDRO AGRI (Hrsg.) (1993): *Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau*. – 12. überarbeitete Auflage, Hydro Agri Dülmen GmbH, Dülmen.
- HAMSCHER G, SCZESNY S, HÖPER H, NAU H (2002): Determination of persistent Tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high-performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Anal. Chem.* 74: 1509-1518
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT) (Hrsg.) (2000): *Organische/mineralische Abfälle und Wirtschaftsdünger*. Datenbank Version 1.0.
- LANGHAMMER, J.-P. (1989): *Untersuchung zum Verbleib antimikrobiell wirksamer Arzneistoffe als Rückstände in Gülle und im landwirtschaftlichen Umfeld*, Bonn
- LARCHER, W. (2001): *Ökophysiologie der Pflanzen*. - 6. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LPP (Landesamt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz) (Hrsg.) (2000): *Sachgerechte Düngung für Acker- und Grünland. Leitfaden zur Erstellung von Nährstoffvergleichen nach der Düngeverordnung und zur Düngeplanung im Acker- und Grünland*. - Mainz
- MUSTERVVV DVO (MUSTERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUR DÜNGEVERORDNUNG) (1996): *Musterverwaltungsvorschrift für den Vollzug der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Januar 1996*. Bundesgesetzblatt I, S. 118-121, vom 26. Januar 1996. Bonn

- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. – 3. Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden.
- PEARSON, E. S., HARTLEY, H. O. (1970): Biometrika Tables for Statisticians. – The Syndics Of The Cambridge University Press, London.
- QUIRIN, M. (2004): Nährstoffbilanzen und Energiekenngrößen konventionell, integriert und biologisch bewirtschafteter Acker- und Grünlandschläge in einem Mittelgebirgsraum (Region Trier). Trierer Bodenkundliche Schriften, Bd. 8. Trier Diss. Trier.
- SACHS, L. (2004): Angewandte Statistik. - 11. Auflage, Springer Verlag, Berlin.
- TOPAGRAR (Hrsg.) (2002): Biogas, Strom aus Gülle und Biomasse. – Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- WEISSBACH, F. (1995): Über die Schätzung des Beitrages der symbiontischen N₂-Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen. In: Landbau-forschung Völkenrode, 45. Jahrgang, Heft 2, S. 67 – 74. Braunschweig
- WINCKLER, C. (2002): Verbleib von Tierarzneimitteln in der Umwelt. - Institut für Nutztierwissenschaften - Dept. für nachhaltige Agrarsysteme Universität für Bodenkultur, Wien

15 Anhang

Anhangtabellen

Tabelle 1: Mittelwerte der pH Werte, Trockensubstanzgehalte (TS) und Stickstoffdaten aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	1
Tabelle 2: Mittelwerte der Ammoniumgehalte bezogen auf Trockensubstanz, Nitratgehalte bezogen auf die Trocken (TS)- und Frischsubstanz (FS), Kohlenstoffgehalte, C/N Verhältnisse und Gehalte an OTS aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	2
Tabelle 3: Mittelwerte der Gesamtgehalte und CAL-Gehalte der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS).....	3
Tabelle 4: Mittelwerte der Gehalte der Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr) und Zink (Zn) aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS).....	4
Tabelle 5: Mittelwerte der pH Werte, Trockensubstanzgehalte (TS) und Stickstoffdaten aus dem Rindergüllescreening (RG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	5
Tabelle 6: Mittelwerte der Ammonium- und Nitratgehalte bezogen auf die Trocken (TS)- und Frischsubstanz (FS), Kohlenstoffgehalte und die C/N Verhältnisse aus dem Rindergüllescreening (RG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	6
Tabelle 7: Mittelwerte der OTS Gehalte und Gehalte der Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr) und Zink (Zn) aus dem Rindergüllescreening (RG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	7
Tabelle 8: Mittelwerte der Gesamtgehalte und CAL-Gehalte der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor aus dem Rindergüllescreening (RG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS).....	8
Tabelle 9: Mittelwerte der pH Werte, Trockensubstanzgehalte (TS), Stickstoff- und Ammoniumdaten aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	9
Tabelle 10: Mittelwerte der Nitratgehalte bezogen auf die Trocken (TS)- und Frischsubstanz (FS), Kohlenstoffgehalte, C/N Verhältnisse und Gehalte an OTS aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS).....	10
Tabelle 11: Mittelwerte der Gehalte der Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr) und Zink (Zn) aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)	11
Tabelle 12: Mittelwerte der Gesamtgehalte und CAL-Gehalte der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgüllen (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS).....	12
Tabelle 13: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, C/N Verhältnisse und C _{org} -Gehalte des Bodens, des Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	14

Tabelle 14: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	15
Tabelle 15: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Kornes und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	16
Tabelle 16: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers, sowie Biomasse der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	17
Tabelle 17: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, des Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	18
Tabelle 18: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	19
Tabelle 19: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Kornes und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens, des Kornes und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	20
Tabelle 20: Mittelwerte der CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers sowie die Biomasse der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	21
Tabelle 21: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, des Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	22
Tabelle 22: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	23
Tabelle 23: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Kornes und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	24
Tabelle 24: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers sowie die Biomasse der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	25
Tabelle 25: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, des oberirdischen Aufwuchses, und der Knolle des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	26
Tabelle 26: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	27
Tabelle 27: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	28

Tabelle 28: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte der Knolle und CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, CAL- Phosphor-, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	29
Tabelle 29: Mittelwerte der Nitrat-, und DOC-Gehalte des Sickerwassers, die alkalische Phosphataseaktivität, Nettomineralisationsraten des Bodens, das C _{mic} / N _{mic} Verhältnis sowie die Biomasse des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	30
Tabelle 30: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, des oberirdischen Aufwuchses, und der Knolle des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	31
Tabelle 31: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	32
Tabelle 32: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	33
Tabelle 33: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte der Knolle und CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, CAL- Phosphor-, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle.....	34
Tabelle 34: Mittelwerte der Nitrat-, und DOC-Gehalte des Sickerwassers, die alkalische Phosphataseaktivität, Nettomineralisationsraten des Bodens, das C _{mic} / N _{mic} Verhältnis sowie die Biomasse des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle.....	35
Tabelle 35: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, des oberirdischen Aufwuchses, und der Knolle des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	36
Tabelle 36: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	37
Tabelle 37: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	38
Tabelle 38: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte der Knolle und CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, CAL- Phosphor-, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	39
Tabelle 39: Mittelwerte der Nitrat-, und DOC-Gehalte des Sickerwassers, die alkalische Phosphataseaktivität, Nettomineralisationsraten des Bodens, das C _{mic} / N _{mic} Verhältnis sowie die Biomasse des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	40
Tabelle 40: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	41
Tabelle 41: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	42

Tabelle 41: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Korns und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	43
Tabelle 42: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	44
Tabelle 43: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle.....	45
Tabelle 44: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	46
Tabelle 45: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	47
Tabelle 46: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Korns und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	48
Tabelle 47: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle.....	49
Tabelle 48: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	50
Tabelle 49: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	51
Tabelle 50: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	52
Tabelle 51: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	53
Tabelle 52: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	54
Tabelle 53: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	55

Tabelle 54: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	56
Tabelle 55: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	57
Tabelle 56: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	58
Tabelle 57: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	59
Tabelle 58: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und C _{mic} /N _{mic} Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle	60
Tabelle 59: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)	61
Tabelle 60: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	62
Tabelle 61: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	63
Tabelle 62: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	64
Tabelle 63: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und C _{mic} /N _{mic} Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle	65
Tabelle 64: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C _{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	66
Tabelle 65: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	67
Tabelle 66: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	68
Tabelle 67: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie	

Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle.....	69
Tabelle 68: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle	70
Tabelle 69: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten (nicht analysierte Proben sind mit N.A. gekennzeichnet)	71
Tabelle 70: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	72
Tabelle 71: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	73
Tabelle 72: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	74
Tabelle 73: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	75
Tabelle 74: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	76
Tabelle 75: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	77
Tabelle 76: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	78
Tabelle 77: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	79
Tabelle 78: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	80
Tabelle 79: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten	81

Tabelle 1: Mittelwerte der pH Werte, Trockensubstanzgehalte (TS) und Stickstoffdaten aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	pH-Wert FG	pH-Wert GS	TS- Gehalt (Gew-%)	TS-Gehalt (Gew-%)	N-Gesamt (mg/g TS)	N-Gesamt (mg/g TS)	N-Gesamt (mg/g FS)	N-Gesamt (mg/g FS)	NH ₄ -N (mg/g FS)	NH ₄ -N (mg/g FS)
				FG	GS	FG	GS	FG	GS	FG	GS
MG Mais Mist	101	7,85	8,15	4,71	6,61	70,33	56,75	3,32	3,75	2,21	2,37
MG Mais Mist Gras	201	7,90	8,63	8,42	7,02	46,05	71,48	3,86	5,02	1,91	2,93
MG Mais Mist Gras Getreide	301	7,03	8,51	11,81	6,77	41,76	65,65	4,93	4,43	1,95	2,23
MG Mais GPS	102	8,43	8,37	1,59	4,53	141,37	78,83	2,24	3,54	1,81	1,99
MG Mais Gras	202	8,29	8,40	4,03	8,21	58,30	57,29	2,35	4,68	2,03	2,63
MG Mais Mist Gras Getreide	302	7,70	8,36	11,41	6,90	41,29	68,89	4,70	4,74	1,70	2,93
MG Mais Mist Grün- roggen	103	8,43	8,37	10,15	3,94	36,27	91,04	3,66	3,58	1,92	2,34
MG Mais Mist	203	8,29	8,40	6,57	6,09	35,56	63,01	2,34	3,83	1,06	2,01
MG Mais Mist Gras Getreide	303	7,70	8,36	10,19	5,49	45,91	80,96	4,67	4,44	1,84	2,87

Tabelle 2: Mittelwerte der Ammoniumgehalte bezogen auf Trockensubstanz, Nitratgehalte bezogen auf die Trocken (TS)- und Frischsubstanz (FS), Kohlenstoffgehalte, C/N Verhältnisse und Gehalte an OTS aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	NH ₄ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₃ -N	C (%)	C (%)	C/N	C/N	OTS (%)	OTS (%)
		(mg/g TS) FG	(mg/g TS) GS	(mg/g FS) FG	(mg/g FS) GS	(mg/g TS) FG	(mg/g TS) GS	FG	GS	FS	GS	FG	GS
MG Mais Mist	101	46,96	35,76	-0,51	-0,26	-10,81	-4,00	40,69	39,26	35,54	33,50	76,49	73,62
MG Mais Mist Gras	201	22,72	41,70	-0,38	0,33	-4,50	4,71	40,65	37,60	16,19	14,26	77,07	78,15
MG Mais Mist Gras Getreide	301	16,53	32,93	-0,74	0,55	-6,24	8,09	43,41	37,38	14,13	13,54	84,46	69,73
MG Mais GPS	102	114,26	43,97	0,23	-2,38	11,22	-53,66	34,52	37,83	12,47	16,44	57,38	66,82
MG Mais Gras	202	50,38	31,99	-1,90	-0,52	-48,26	-8,81	37,61	36,14	13,16	16,39	66,51	65,83
MG Mais Mist Gras Getreide	302	14,88	42,47	0,83	-0,45	5,52	-9,66	42,19	37,82	14,93	11,14	78,01	73,07
MG Mais Mist Grün- roggen	103	18,90	59,48	0,85	1,23	8,36	31,17	40,45	37,84	19,01	14,73	74,41	67,24
MG Mais Mist	203	16,10	32,99	0,41	0,22	6,20	3,65	42,20	40,41	22,90	14,95	84,13	71,12
MG Mais Mist Gras Getreide	303	18,02	52,33	0,81	-2,07	7,91	-37,67	42,52	38,81	18,13	15,56	83,86	74,25

Tabelle 3: Mittelwerte der Gesamtgehalte und CAL-Gehalte der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	K ₂ O	K ₂ O	MgO	MgO	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	CAL K ₂ O	CAL K ₂ O	CAL MgO	CAL MgO	CAL P ₂ O ₅	CAL P ₂ O ₅
		mg /100g	mg /100g	mg/100 g	mg/100 g	mg/g	mg/g	kg/dt	kg/dt	kg/dt	kg/dt	kg/dt	kg/dt
		FG	GS	FG	GS	FG	GS	FG	GS	FG	GS	FG	GS
MG Mais Mist	101	7635,33	7969,16	1871,56	1766,00	29,25	24,08	0,24	0,37	0,05	0,08	0,14	0,22
MG Mais Mist Gras	201	6879,58	7548,76	1115,58	1851,68	16,86	27,37	0,29	0,30	0,15	0,07	0,28	0,19
MG Mais Mist Gras Getreide	301	3973,97	7774,94	1563,18	1382,51	18,68	23,77	0,30	0,41	0,12	0,08	0,35	0,26
MG Mais GPS	102	17377,69	10599,23	1399,98	2036,15	27,12	31,16	0,17	0,39	0,01	0,07	0,03	0,18
MG Mais Gras	202	7244,14	8905,31	2292,39	1445,00	43,19	21,99	0,19	0,40	0,02	0,09	0,17	0,15
MG Mais Mist Gras Getreide	302	3650,51	5843,30	1903,23	2044,96	25,54	38,01	0,29	0,43	0,14	0,07	0,15	0,08
MG Mais Mist Grünroggen	103	7989,76	12272,90	1670,42	2018,23	19,53	34,13	0,58	0,42	0,12	0,07	0,14	0,12
MG Mais Mist	203	5640,44	9110,50	1071,93	1671,39	17,35	28,05	0,26	0,51	0,04	0,08	0,07	0,10
MG Mais Mist Gras Getreide	303	6613,67	10263,48	1921,39	1973,31	22,88	25,55	0,44	0,51	0,18	0,11	0,17	0,20

Tabelle 4: Mittelwerte der Gehalte der Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr) und Zink (Zn) aus dem Mischgüllescreening (MG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	Pb	Pb	Cu	Cu	Cd	Cd	Ni	Ni	Cr	Cr	Zn	Zn
		(mg/kg) FG	(mg/kg) GS										
MG Mais Mist	101	1,39	1,48	41,20	35,32	0,19	0,17	6,38	9,08	7,07	10,11	561,88	322,23
MG Mais Mist Gras	201	1,20	1,97	19,88	69,48	0,17	0,16	5,35	10,80	6,84	9,98	134,93	350,05
MG Mais Mist Gras Getreide	301	0,99	1,60	49,29	31,45	0,10	0,23	6,61	8,54	6,11	9,01	231,95	236,21
MG Mais GPS	102	3,74	1,91	108,61	126,68	0,22	0,25	7,22	6,28	5,79	6,59	333,21	278,46
MG Mais Gras	202	4,87	2,99	219,18	64,65	0,66	0,29	10,00	7,56	18,84	8,12	769,86	282,77
MG Mais Mist Gras Getreide	302	3,79	6,97	120,57	124,04	0,18	0,16	6,89	8,87	8,92	9,61	302,54	353,36
MG Mais Mist Grünroggen	103	3,02	4,27	40,25	97,46	0,16	0,52	6,87	8,98	6,25	7,16	266,27	599,89
MG Mais Mist	203	2,22	3,39	122,20	79,76	0,16	0,24	4,41	7,77	4,26	2,92	163,53	259,95
MG Mais Mist Gras Getreide	303	3,99	3,41	118,17	99,26	0,12	0,17	8,63	8,66	7,32	3,01	236,70	261,82

Tabelle 5: Mittelwerte der pH Werte, Trockensubstanzgehalte (TS) und Stickstoffdaten aus dem Rindergülescreening (RG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	pH-Wert FG	pH-Wert GS	TS-Gehalt (Gew-%) FG	TS-Gehalt (Gew-%) GS	N-Gesamt (mg/g TS) FG	N-Gesamt (mg/g TS) GS	N-Gesamt (mg/g FS) FG	N-Gesamt (mg/g FS) GS
RG Mais Mist Gras GPS	402	7,71	8,41	7,68	6,72	40,80	58,53	3,15	3,94
RG Mais Mist Gras Pürre	403	7,71	8,41	16,07	9,96	32,13	60,34	5,16	6,01
RG Mais	501	7,60	8,44	8,29	5,13	48,59	76,32	4,03	3,91
RG Mais Gras	601	7,08	7,10	9,78	6,71	41,89	59,68	4,10	4,00
RG Mais Getreide	701	8,29	8,13	9,33	7,51	48,23	67,58	4,50	5,08
RG Mais Mist Gras	401	7,40	8,35	7,37	6,45	50,29	73,79	3,71	4,77
RG Mais	502	8,15	8,36	6,68	4,96	53,01	68,75	3,55	3,42
RG Gras Getreide GPS	602	7,94	8,23	11,98	9,09	44,40	45,50	5,30	4,15
RG Mais Gras Getreide	702	8,29	8,37	7,99	7,91	65,54	52,20	5,25	4,11
RG Mais Gras Getreide GPS	802	9,10	8,38	10,39	9,46	48,51	71,46	5,02	6,75
RG Mais Gras Getreide Hüh- nertrockenkot	902	7,60	8,56	9,36	10,91	32,97	89,93	3,07	9,84
RG Mais	503	8,15	8,36	9,82	5,10	48,17	83,49	4,73	4,26
RG Mais Getreide	603	7,94	8,23	7,89	8,29	42,20	73,33	3,33	6,08
RG Mais Getreide	703	8,29	8,37	7,86	9,02	52,98	54,63	4,16	4,93
RG Mais Gras	803	9,10	8,38	9,96	8,23	49,24	64,94	4,90	5,37
RG Mais Gras Getreide	903	7,60	8,56	3,30	4,93	68,09	134,38	2,24	6,63

Tabelle 6: Mittelwerte der Ammonium- und Nitratgehalte bezogen auf die Trocken (TS)- und Frischsubstanz (FS), Kohlenstoffgehalte und die C/N Verhältnisse aus dem Rindergülescreening (RG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	NH ₄ -N (mg/g FS) FG	NH ₄ -N (mg/g FS) GS	NH ₄ -N (mg/g TS) FG	NH ₄ -N (mg/g TS) GS	NO ₃ -N (mg/g FS) FG	NO ₃ -N (mg/g FS) GS	NO ₃ -N (mg/g TS) FG	NO ₃ -N (mg/g TS) GS	C (%) FG	C (%) GS	C/N FG	C/N GS
RG Mais Mist Gras GPS	402	1,11	2,98	14,48	44,37	-0,73	-1,05	-10,77	-17,11	44,55	37,42	19,36	11,14
RG Mais Mist Gras Pürre	403	0,63	4,06	23,91	40,78	1,38	-2,99	8,59	-30,01	48,28	34,72	14,38	17,28
RG Mais	501	1,76	2,28	21,21	44,50	-0,28	-0,41	-2,92	-8,03	42,65	41,24	15,40	32,63
RG Mais Gras	601	1,51	2,03	15,43	30,27	0,51	-0,38	5,22	-5,71	44,12	42,44	19,03	16,14
RG Mais Getreide	701	2,49	2,68	26,74	35,68	-0,99	0,34	-10,64	4,55	41,52	41,31	14,90	14,03
RG Mais Mist Gras	401	1,75	2,30	23,81	35,65	-0,11	0,14	-1,49	2,12	41,09	39,80	14,77	11,77
RG Mais	502	2,24	2,27	33,53	45,77	0,64	0,13	8,29	0,70	43,79	68,78	18,84	10,96
RG Gras Getreide GPS	602	1,77	2,27	14,79	24,99	1,33	-0,79	10,32	-9,70	40,76	53,85	17,47	11,14
RG Mais Gras Getreide	702	2,14	2,99	26,84	37,75	1,86	0,68	21,99	7,41	42,81	24,27	17,50	11,14
RG Mais Gras Getreide GPS	802	2,25	3,48	21,69	36,81	0,60	1,99	4,89	20,00	43,17	40,82	19,92	11,13
RG Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	902	1,41	6,36	15,09	58,33	0,31	-0,88	2,22	-8,90	39,27	36,76	24,73	11,14
RG Mais	503	2,21	2,21	22,46	43,27	0,60	0,77	4,89	15,13	42,85	40,09	18,60	12,34
RG Mais Getreide	603	1,49	3,51	18,84	42,40	0,24	1,53	1,68	18,42	42,02	39,94	20,01	15,77
RG Mais Getreide	703	1,93	2,36	24,61	26,16	0,86	0,45	12,10	2,86	42,41	42,49	19,33	17,34
RG Mais Gras	803	2,52	2,33	25,27	28,28	0,45	0,46	4,53	6,01	39,66	40,03	19,37	16,51
RG Mais Gras Getreide	903	1,19	4,60	36,04	93,31	0,77	0,34	23,42	6,96	40,40	40,66	15,14	10,81

Tabelle 7: Mittelwerte der OTS Gehalte und Gehalte der Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr) und Zink (Zn) aus dem Rindergüllaescreening (RG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	OTS (%) FG	OTS (%) GS	Pb (mg/kg) FG	Pb (mg/kg) GS	Cu (mg/kg) FG	Cu (mg/kg) GS	Cd (mg/kg) FG	Cd (mg/kg) GS	Ni (mg/kg) FG	Ni (mg/kg) GS	Cr (mg/kg) FG	Cr (mg/kg) GS	Zn (mg/kg) FG	Zn (mg/kg) GS
RG Mais Mist Gras GPS	402	82,60	68,67	5,26	5,27	97,88	87,45	0,19	0,28	5,46	11,52	7,44	9,16	233,50	284,82
RG Mais Mist Gras Pürre	403	82,95	68,30	5,52	7,24	44,30	110,29	0,17	0,37	13,87	17,68	7,62	13,42	180,97	331,13
RG Mais	501	81,32	73,39	0,95	1,59	10,08	14,47	0,10	0,17	8,71	10,62	6,05	9,26	101,26	157,37
RG Mais Gras	601	81,15	73,72	1,34	1,49	13,45	18,88	0,14	0,15	5,22	8,49	5,56	6,86	122,88	137,50
RG Mais Getreide	701	80,45	97,44	1,32	1,30	12,78	11,71	0,24	0,26	8,22	7,21	6,94	6,71	176,14	163,03
RG Mais Mist Gras	401	79,32	74,33	1,75	2,54	30,09	36,88	0,22	0,28	9,18	11,51	8,03	10,62	187,20	207,11
RG Mais	502	76,83	72,07	3,46	4,35	25,83	50,50	0,22	0,16	4,80	7,78	4,90	7,18	108,00	178,23
RG Gras Getreide GPS	602	79,46	75,45	3,92	1,30	28,80	43,11	0,12	0,18	5,31	6,14	8,72	8,84	146,55	193,36
RG Mais Gras Getreide	702	80,25	78,51	4,29	6,86	30,53	24,13	0,28	0,25	4,08	6,99	5,34	18,49	240,37	205,83
RG Mais Gras Getreide GPS	802	79,00	76,76	2,15	3,56	36,01	65,56	0,13	0,20	4,51	7,34	7,56	16,44	266,99	210,87
RG Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	902	76,09	70,99	9,55	2,54	52,51	88,55	0,24	0,24	7,38	11,86	9,36	10,14	283,97	438,66
RG Mais	503	85,32	73,98	2,60	3,03	20,22	54,60	0,17	0,17	8,02	5,95	3,21	3,27	124,29	173,05
RG Mais Getreide	603	83,69	79,31	3,29	3,95	15,88	60,17	0,18	0,24	3,94	6,88	4,02	4,50	165,14	183,37
RG Mais Getreide	703	83,28	81,83	2,54	2,55	14,94	5,87	0,21	0,22	6,76	3,95	4,45	4,03	165,35	118,63
RG Mais Gras	803	77,64	75,80	2,30	2,50	24,64	26,12	0,15	0,16	6,36	7,43	3,31	3,59	243,90	206,64
RG Mais Gras Getreide	903	77,17	63,51	5,07	4,35	35,81	85,24	0,22	0,24	11,67	11,87	4,59	3,85	255,24	519,25

Tabelle 8: Mittelwerte der Gesamtgehalte und CAL-Gehalte der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor aus dem Rindergülescreening (RG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	K ₂ O (mg/100g) FG	K ₂ O (mg/100g) GS	MgO (mg/100g) FG	MgO (mg/100g) GS	P ₂ O ₅ , mg/ g) FG	P ₂ O ₅ (mg/g) GS	CAL K ₂ O (kg/dt) FG	CAL K ₂ O (kg/dt) GS	CAL MgO (kg/dt) FG	CAL MgO (kg/dt) GS	CAL P ₂ O ₅ (kg/dt) FG	CAL P ₂ O ₅ (kg/dt) GS
RG Mais Mist Gras GPS	402	4435,11	8242,48	956,19	1417,56	21,57	32,80	0,27	0,52	0,07	0,07	0,11	0,03
RG Mais Mist Gras Pürre	403	2848,58	9556,77	529,46	1318,64	32,26	31,97	0,23	0,35	0,07	0,01	0,27	0,06
RG Mais	501	7104,52	11543,42	1033,28	1499,81	16,79	22,16	0,44	0,43	0,06	0,06	0,20	0,18
RG Mais Gras	601	7278,70	7413,91	1408,51	1730,22	12,56	16,88	0,35	0,48	0,05	0,07	0,16	0,16
RG Mais Getreide	701	7716,68	8531,42	1370,80	1513,08	18,02	21,91	0,43	0,65	0,09	0,06	0,23	0,21
RG Mais Mist Gras	401	6986,06	7470,75	1323,97	1474,19	18,95	24,04	0,32	0,33	0,08	0,03	0,20	0,08
RG Mais	502	9219,75	9944,17	1029,75	1303,83	19,20	29,02	0,42	0,26	0,07	0,07	0,06	0,08
RG Gras Getreide GPS	602	4881,91	4355,96	1488,07	1577,87	17,49	27,05	0,40	0,54	0,12	0,08	0,17	0,14
RG Mais Gras Getreide	702	6021,10	7561,57	1144,20	1016,81	23,88	27,23	0,34	0,54	0,08	0,14	0,14	0,11
RG Mais Gras Getreide GPS	802	5528,53	6946,56	1372,60	1504,74	19,13	28,46	0,46	0,42	0,13	0,11	0,20	0,21
RG Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	902	2713,25	5846,05	3447,73	2245,54	13,80	39,15	0,54	0,26	0,09	0,04	0,04	0,31
RG Mais	503	8251,23	14221,11	1244,44	1550,84	22,57	27,66	0,47	0,51	0,10	0,06	0,15	0,12
RG Mais Getreide	603	7939,40	8662,55	1560,29	1532,56	17,16	32,69	0,38	0,46	0,08	0,07	0,08	0,16
RG Mais Getreide	703	8627,03	8656,24	1342,01	1038,06	21,26	22,91	0,45	0,50	0,08	0,07	0,11	0,15
RG Mais Gras	803	8887,05	10482,11	1879,29	1932,06	20,77	24,84	0,64	0,60	0,13	0,11	0,14	0,15
RG Mais Gras Getreide	903	11822,01	11725,24	1889,73	784,85	24,19	42,19	0,27	0,45	0,04	0,03	0,06	0,16

Tabelle 9: Mittelwerte der pH Werte, Trockensubstanzgehalte (TS), Stickstoff- und Ammoniumdaten aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	pH FG	pH GS	TS-Gehalt (Gew-%) FG	TS-Gehalt (Gew-%) GS	N-Gesamt (mg/g TS) FG	N-Gesamt (mg/g TS) GS	N-Gesamt (mg/g FS) FG	N-Gesamt (mg/g FS) GS	NH ₄ -N (mg/g FS) FG	NH ₄ -N (mg/g FS) GS	NH ₄ -N (mg/g TS) FG	NH ₄ -N (mg/g TS) GS
SG Mais	1001	8,03	8,34	1,09	2,92	256,17	138,62	2,78	4,04	2,40	3,05	221,37	104,78
SG	1101	8,19	8,40	6,77	5,76	94,45	135,71	6,40	7,82	5,69	5,84	84,03	101,37
SG Mais Getreide	1201	8,20	8,22	4,00	5,01	131,74	88,04	5,27	4,41	3,97	2,83	99,07	49,15
SG Mais	1002	8,33	8,42	1,40	4,41	282,80	105,97	3,98	4,72	3,16	3,30	225,61	74,79
SG	1102	8,63	8,65	6,52	4,63	116,50	156,00	7,48	7,11	5,71	5,49	87,52	118,62
SG GPS	1202	8,34	8,25	2,70	5,36	150,48	73,74	4,05	3,94	3,42	2,69	126,82	50,91
SG Mist Mais	1003	8,33	8,42	2,68	2,97	144,00	127,97	3,86	3,81	2,87	2,67	107,13	89,78
SG	1103	8,63	8,65	7,01	5,90	109,37	135,50	7,67	8,00	6,13	5,92	87,47	100,34
SG Mais Getreide	1203	8,34	8,25	1,64	5,28	275,50	86,92	4,52	4,59	3,18	2,36	193,56	50,91

Tabelle 10: Mittelwerte der Nitratgehalte bezogen auf die Trocken (TS)- und Frischsubstanz (FS), Kohlenstoffgehalte, C/N Verhältnisse und Gehalte an OTS aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	NO ₃ -N (mg/g FS) FG	NO ₃ -N (mg/g FS) GS	NO ₃ -N (mg/g TS) FG	NO ₃ -N (mg/g TS) GS	C (%) FG	C (%) GS	C/N FG	C/N GS	OTS (%) FG	OTS (%) GS
SG Mais	1001	-1,74	-0,59	-160,43	-20,11	19,97	45,13	19,92	19,45	52,49	61,86
SG	1101	-5,88	-0,26	-86,77	-4,43	19,99	24,57	8,18	10,03	72,90	70,77
SG Mais Getreide	1201	-0,20	-0,51	-4,99	-8,84	35,26	19,63	14,34	10,25	68,93	78,55
SG Mais	1002	1,20	-0,52	79,03	-14,43	30,67	34,19	10,71	11,14	50,25	66,22
SG	1102	1,47	1,42	20,95	28,63	38,31	34,70	12,81	11,14	68,66	61,17
SG GPS	1202	1,94	-0,41	67,86	-12,26	34,57	41,22	17,18	11,14	65,43	77,31
SG Mist Mais	1003	-0,03	0,18	-1,27	6,01	36,53	35,84	13,98	12,92	66,07	67,38
SG	1103	-3,63	1,17	-51,82	19,14	40,37	36,28	14,81	13,37	72,78	70,85
SG Mais Getreide	1203	-2,97	1,68	-183,43	31,85	39,85	40,72	13,78	13,08	72,87	79,53

Tabelle 11: Mittelwerte der Gehalte der Schwermetalle Blei (Pb), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Chrom (Cr) und Zink (Zn) aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	Pb (mg/kg) FG	Pb (mg/kg) GS	Cu (mg/kg) FG	Cu (mg/kg) GS	Cd (mg/kg) FG	Cd (mg/kg) GS	Ni (mg/kg) FG	Ni (mg/kg) GS	Cr (mg/kg) FG	Cr (mg/kg) GS	Zn (mg/kg) FG	Zn (mg/kg) GS
SG Mais	1001	0,47	1,79	95,68	184,41	0,20	0,53	16,42	16,64	9,16	12,28	484,53	888,44
SG	1101	0,76	1,15	111,88	210,61	0,36	0,40	16,00	21,37	7,31	9,09	896,92	972,67
SG Mais Getreide	1201	1,66	0,83	88,06	65,62	0,35	0,21	13,42	7,09	4,68	4,85	700,34	310,10
SG Mais	1002	0,87	4,77	241,00	209,92	0,25	0,39	14,25	9,79	8,30	12,22	444,01	415,74
SG	1102	0,58	5,52	196,49	578,77	0,46	0,54	10,82	22,72	6,68	11,33	638,53	601,41
SG GPS	1202	0,95	4,27	148,00	86,50	0,28	0,16	15,05	7,37	6,86	6,06	434,97	254,22
SG Mist Mais	1003	3,66	6,64	433,56	266,60	0,56	0,55	10,85	10,16	4,62	3,77	1206,38	926,83
SG	1103	2,15	2,27	365,30	488,15	0,28	0,33	10,87	11,57	1,98	3,50	865,00	1067,44
SG Mais Getreide	1203	2,83	2,73	90,95	87,27	0,23	0,25	4,72	4,36	2,94	3,04	335,35	312,22

Tabelle 12: Mittelwerte der Gesamtgehalte und CAL-Gehalte der Nährstoffe Kalium, Magnesium und Phosphor aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS)

Gärsubstrat	Kombination	K ₂ O (mg/100g) FG	K ₂ O (mg/100g) GS	MgO (mg/100g) FG	MgO (mg/100g) GS	P ₂ O ₅ (mg/ g) FG	P ₂ O ₅ (mg/g) GS	CAL K ₂ O (kg/dt) FG	CAL K ₂ O (kg/dt) GS	CAL MgO (kg/dt) FG	CAL MgO (kg/dt) GS	CAL P ₂ O ₅ (kg/dt) FG	CAL P ₂ O ₅ (kg/dt) GS
SG Mais	1001	8906,04	6951,11	1423,94	1636,72	35,10	36,40	0,22	0,62	0,01	0,00	0,06	0,04
SG	1101	9040,69	7666,83	2082,50	1909,59	37,12	36,61	0,49	0,68	0,09	0,03	0,10	0,17
SG Mais Getreide	1201	10411,26	8276,43	2573,13	1098,90	53,30	60,24	0,31	0,30	0,07	0,02	0,28	0,13
SG Mais	1002	18525,58	5948,77	912,77	3222,65	33,71	48,79	0,14	0,38	0,00	0,05	0,15	0,14
SG	1102	7731,27	10818,22	1967,39	2061,23	43,29	54,05	0,40	0,49	0,10	0,02	0,16	0,06
SG GPS	1202	12337,79	8375,62	2269,23	763,33	49,22	43,15	0,31	0,24	0,04	0,02	0,07	0,07
SG Mist Mais	1003	13736,05	15215,89	1704,19	2442,45	39,45	49,26	0,31	0,34	0,03	0,05	0,10	0,14
SG	1103	8720,24	11383,20	1835,33	1869,79	37,79	38,75	0,44	0,48	0,09	0,07	0,23	0,18
SG Mais Getreide	1203	12346,45	9961,95	1405,04	1410,12	31,39	27,08	0,38	0,39	0,06	0,07	0,12	0,12

Tabelle 13: Mittelwerte des Sulfadiazins (SDZ) und des N4-Acetyl-Sulfadiazins (N4-Ac-SDZ) aus dem Schweinegüllescreening (SG) der untersuchten Frischgülle (FG) und der entsprechenden Gärsubstrate (GS) (nicht analysierte Proben sind mit N.A. gekennzeichnet)

Gärsubstrat	Kombination	SDZ (mg/kg) FG	SDZ (mg/kg) GS	N4-Ac-SDZ (mg/kg) FG	N4-Ac-SDZ (mg/kg) GS
SG Mais	1001	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
SG	1101	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
SG Mais Getreide	1201	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
SG Mais	1002	0,685	1,01	0,016	0,051
SG	1102	2,820	1,593	0,209	0,318
SG GPS	1202	0	0	0,036	0,011
SG Mist Mais	1003	0,015	0,006	0,109	0,023
SG	1103	0,049	0,128	0	0,023
SG Mais Getreide	1203	0,003	0,002	0	0

Tabelle 13: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, C/N Verhältnisse und C_{org}-Gehalte des Bodens, des Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C-Gehalt Boden (%)	N-Gehalt Boden (%)	C/N Boden	C-Gehalt Stroh (%)	N-Gehalt Stroh (%)	C/N-Stroh	C-Gehalt Korn (%)	N-Gehalt Korn (%)	C/N Korn	C _{org} Boden (%)	C _{org} Stroh (%)	C _{org} Korn (%)
Mais Mist	6,54 (±0,08)	0,10 (±0,01)	1,12 (±0,12)	11,14 (± 1,20)	42,79 (±0,73)	2,24 (±0,39)	19,58 (±3,67)	33,56 (±22,39)	2,16 (±1,44)	15,52 (±0,39)	1,11 (±56,57)	89,65 (±0,69)	95,99 (±1,03)
Mais Mist Gras	6,58 (±0,23)	0,11 (±0,01)	1,28 (±0,17)	11,94 (±0,54)	42,62 (±0,16)	1,90 (±0,51)	24,10 (±8,65)	44,50 (±0,23)	2,99 (±0,20)	14,93 (±1,00)	0,82 (±0,20)	89,42 (±0,30)	96,26 (±0,32)
Mais Mist Gras Getreide	6,37 (±0,18)	0,11 (±0,00)	1,39 (±0,04)	12,22 (±0,35)	42,47 (±1,01)	2,58 (±0,54)	16,96 (±3,46)	44,68 (±0,34)	3,20 (±0,24)	14,00 (±0,98)	1,24 (±0,52)	88,38 (±0,74)	95,62 (±0,34)
NPK	6,13 (±)	0,09 (±)	1,09 (±)	12,10 (±)	43,23 (±)	1,22 (±)	36,57 (±)	44,20 (±)	2,72 (±)	16,27 (±)	1,06 (±)	91,31 (±)	96,57 (±)

Tabelle 14: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Boden (mg/kg)	Cr Boden (mg/kg)	Cu Boden (mg/kg)	Ni Boden (mg/kg)	Pb Boden (mg/kg)	Zn Boden (mg/kg)	Cd Stroh (mg/kg)	Cr Stroh (mg/kg)	Cu Stroh (mg/kg)	Ni Stroh (mg/kg)	Pb Stroh (mg/kg)	Zn Stroh (mg/kg)
Mais Mist	0,18 (±0,05)	38,96 (±7,11)	8,66 (±1,93)	28,26 (±7,23)	14,23 (±3,31)	56,48 (±12,37)	0,08 (±0,02)	1,03 (±0,26)	4,67 (±2,38)	1,90 (±0,37)	0,88 (±0,15)	48,86 (±5,63)
Mais Mist Gras	0,15 (±0,02)	35,43 (±4,85)	9,60 (±1,71)	28,89 (±7,57)	18,90 (±4,15)	56,15 (±4,51)	0,11 (±0,02)	0,74 (±0,20)	4,21 (±0,87)	4,46 (±1,51)	0,69 (±0,15)	35,17 (±1,21)
Mais Mist Gras Getreide	0,21 (±0,12)	38,10 (±2,53)	10,92 (±3,07)	25,91 (±5,89)	17,21 (±3,07)	57,60 (±2,08)	0,14 (±0,01)	0,34 (±0,05)	4,85 (±1,15)	1,24 (±0,29)	0,74 (±0,09)	45,34 (±2,44)
NPK	0,14 (±)	31,28 (±)	8,86 (±)	20,80 (±)	13,56 (±)	58,54 (±)	0,17 (±)	0,80 (±)	4,15 (±)	3,39 (±)	0,26 (±)	44,07 (±)

Tabelle 15: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Korns und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Korn (mg/kg)	Cr Korn (mg/kg)	Cu Korn (mg/kg)	Ni Korn (mg/kg)	Pb Korn (mg/kg)	Zn Korn (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Korn TS)	MgO (mg/100g Korn TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Korn TS)
Mais Mist	0,02 (±0,00)	0,36 (±0,10)	5,44 (±2,38)	0,66 (±0,10)	0,11 (±0,05)	27,85 (±25,14)	601,55 (±144,13)	385,69 (±82,41)	137,31 (±9,81)	1072,11 (±85,13)	189,85 (±13,70)	954,61 (±135,32)
Mais Mist Gras	0,03 (±0,01)	0,48 (±0,12)	7,68 (±2,46)	0,92 (±1,32)	0,27 (±0,12)	26,45 (±0,05)	585,42 (±3,98)	348,38 (±4,21)	142,87 (±1,05)	1057,86 (±143,61)	198,09 (±15,46)	1023,12 (±88,58)
Mais Mist Gras Getreide	0,05 (±0,01)	0,56 (±0,11)	5,44 (±1,62)	0,64 (±0,13)	0,07 (±0,12)	7,83 (±0,07)	600,78 (±23,91)	374,50 (±33,92)	123,90 (±1,37)	954,02 (±282,29)	209,66 (±29,82)	1164,08 (±109,20)
NPK	0,02 (±)	0,49 (±)	5,87 (±)	0,95 (±)	0,14 (±)	45,90 (±)	585,85 (±)	271,10 (±)	123,21 (±)	1647,69 (±)	201,44 (±)	1032,31 (±)

Tabelle 16: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers, sowie Biomasse der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)	Biomasse Stroh (g TS)	Biomasse Korn (g TS)
Mais Mist	3294,37 (±500,1)	217,46 (±19,81)	311,30 (±6,62)	39,17 (±2,82)	48,70 (±3,44)	31,27 (±2,59)	0,00 (±0,01)	1,26 (±0,96)	14,42 (±5,43)	4,47 (±2,18)	7,50 (±4,88)	1,51 (±1,24)
Mais Mist Gras	5272,35 (±299,3)	242,44 (±61,77)	296,09 (±4,77)	37,18 (±2,24)	47,55 (±7,09)	37,48 (±5,77)	0,00 (±0,01)	0,90 (±0,67)	7,25 (±7,66)	5,02 (±3,16)	8,49 (±3,16)	2,33 (±2,12)
Mais Mist Gras Ge- treide	5942,51 (±335,95)	252,20 (±34,65)	340,15 (±10,63)	48,04 (±2,33)	48,11 (±1,14)	41,78 (±3,38)	0,00 (±0,01)	1,97 (±1,35)	3,03 (±1,29)	8,52 (±6,03)	8,49 (±4,91)	2,15 (±1,34)
NPK	2042,13 (±)	187,02 (±)	120,23 (±)	21,03 (±)	40,52 (±)	23,64 (±)	0,01 (±)	0,67 (±)	7,44 (±)	8,17 (±)	8,89 (±)	4,91 (±)

Tabelle 17: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, des Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C-Gehalt Boden (%)	N-Gehalt Boden (%)	C/N- Verhältnis Boden	C-Gehalt Stroh (%)	N-Gehalt Stroh (%)	C/N- Verhältnis Stroh	C-Gehalt Korn (%)	N-Gehalt Korn (%)	C/N- Verhältnis Korn	C _{org} Boden (%)	C _{org} Stroh (%)	C _{org} Korn (%)
Mais	6,62 (±0,08)	0,10 (±0,01)	1,26 (±0,07)	12,50 (±0,57)	42,82 (±1,23)	1,84 (±0,43)	24,31 (±5,72)	44,99 (±0,15)	3,24 (±0,57)	14,18 (±2,11)	1,18 (±38,88)	89,10 (±1,25)	97,25 (±1,10)
Mais Gras	6,74 (±0,20)	0,12 (±0,02)	1,44 (±0,27)	11,95 (±0,44)	43,17 (±0,40)	1,89 (±0,23)	23,04 (±2,58)	44,44 (±0,07)	3,12 (±0,27)	14,35 (±1,32)	1,33 (±0,27)	89,18 (±0,69)	96,16 (±0,61)
Mais Getreide	6,81 (±0,12)	0,12 (±0,03)	1,51 (±0,25)	13,11 (±0,96)	42,96 (±0,91)	1,66 (±0,32)	26,66 (±5,07)	44,08 (±0,33)	3,04 (±0,17)	14,55 (±0,93)	1,43 (±0,25)	89,56 (±1,01)	96,52 (±0,21)
Mais Gras Mist	6,46 (±0,09)	0,09 (±0,01)	1,24 (±0,08)	13,37 (±0,71)	42,84 (±0,59)	1,78 (±0,21)	24,31 (±2,73)	41,18 (±2,60)	4,63 (±1,18)	9,68 (±4,07)	1,23 (±0,04)	89,99 (±1,41)	96,60 (±0,27)
NPK	6,13 (±)	0,09 (±)	1,09 (±)	12,10 (±)	43,23 (±)	1,22 (±)	36,57 (±)	44,20 (±)	2,72 (±)	16,27 (±)	1,06 (±)	91,31 (±)	96,57 (±)

Tabelle 18: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)
Mais	0,15 (±0,01)	25,84 (±6,20)	9,77 (±1,86)	23,18 (±0,71)	18,07 (±2,47)	59,12 (±3,87)	0,12 (±0,03)	0,55 (±0,17)	4,73 (±0,99)	1,52 (±0,23)	0,83 (±0,16)	43,54 (±4,20)
Mais Gras	0,15 (±0,01)	17,84 (±3,07)	10,41 (±2,77)	23,08 (±2,17)	17,49 (±3,19)	58,95 (±3,81)	0,10 (±0,03)	0,42 (±0,13)	5,08 (±1,53)	1,25 (±0,16)	0,61 (±0,14)	33,61 (±4,46)
Mais Getreide	0,16 (±0,03)	25,80 (±1,03)	8,80 (±0,88)	22,37 (±2,48)	20,98 (±5,78)	55,38 (±1,41)	0,13 (±0,05)	0,28 (±0,10)	4,54 (±0,78)	1,00 (±0,46)	0,90 (±0,24)	39,29 (±16,64)
Mais Gras Mist	0,16 (±0,02)	23,14 (±1,59)	10,03 (±1,16)	21,72 (±1,70)	17,67 (±0,43)	52,99 (±3,59)	0,16 (±0,04)	0,35 (±0,08)	4,06 (±0,88)	0,29 (±0,36)	0,25 (±0,02)	38,84 (±1,80)
NPK	0,14 (±)	31,28 (±)	10,36 (±)	20,80 (±)	13,56 (±)	58,54 (±)	0,17 (±)	0,80 (±)	4,15 (±)	3,39 (±)	0,26 (±)	44,07 (±)

Tabelle 19: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Kornes und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens, des Kornes und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Korn (mg/kg)	Cr Korn (mg/kg)	Cu Korn (mg/kg)	Ni Korn (mg/kg)	Pb Korn (mg/kg)	Zn Korn (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Korn TS)	MgO (mg/100g Korn TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Korn TS)	K ₂ O (mg/100g StrohTS)	MgO (mg/100g StrohTS)	P ₂ O ₅ (mg/100g StrohTS)
Mais	0,03 (±0,02)	0,62 (±0,29)	6,55 (±0,92)	1,11 (±0,35)	0,07 (±0,06)	7,57 (±0,03)	664,93 (±43,50)	356,15 (±14,29)	120,07 (±0,00)	992,98 (±64,72)	161,18 (±9,74)	973,48 (±87,74)	6543,65 (±987,65)	242,71 (±56,93)	238,43 (±0,07)
Mais Gras	0,03 (±0,01)	0,86 (±0,15)	8,30 (±1,08)	1,59 (±0,47)	0,06 (±0,05)	6,87 (±0,04)	630,39 (±72,79)	351,28 (±33,03)	111,44 (±0,01)	1131,57 (±167,20)	172,84 (±16,24)	1007,14 (±126,54)	4904,70 (±592,70)	350,26 (±378,20)	354,50 (±0,03)
Mais Getreide	0,02 (±0,00)	0,59 (±0,15)	7,91 (±0,91)	3,28 (±0,40)	0,16 (±0,06)	17,52 (±0,02)	553,83 (±80,18)	334,48 (±12,28)	122,01 (±0,01)	852,67 (±79,85)	177,81 (±5,83)	1099,58 (±94,99)	5389,60 (±437,05)	166,41 (±22,13)	170,20 (±0,04)
Mais Gras Mist	0,03 (±0,00)	0,37 (±0,17)	7,69 (±1,36)	1,22 (±0,18)	0,02 (±0,04)	0,07 (±0,09)	573,41 (±10,45)	289,79 (±7,88)	125,74 (±0,01)	613,64 (±64,69)	178,17 (±9,21)	962,27 (±84,12)	5838,34 (±1036,57)	230,19 (±29,33)	295,31 (±0,14)
NPK	0,02 (±)	0,49 (±)	5,87 (±)	0,95 (±)	0,14 (±)	45,9 (±)	585,85 (±)	271,10 (±)	123,21 (±)	1647,69 (±)	201,44 (±)	1032,31 (±)	2042,13 (±)	187,02 (±)	120,23 (±)

Tabelle 20: Mittelwerte der CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers sowie die Biomasse der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)	Biomasse Stroh (g TS)	Biomasse Korn (g TS)
Mais	42,98 (±3,58)	49,25 (±9,49)	32,49 (±5,04)	-0,01 (±0,01)	2,86 (±0,57)	4,25 (±0,31)	7,50 (±2,08)	13,64 (±7,54)	3,70 (±2,83)
Mais Gras	33,66 (±2,26)	35,65 (±13,46)	28,27 (±2,12)	-0,02 (±0,00)	0,57 (±0,88)	2,99 (±2,11)	5,36 (±4,29)	14,80 (±2,88)	2,46 (±0,82)
Mais Getreide	37,69 (±3,22)	63,05 (±24,18)	30,36 (±0,48)	0,01 (±0,02)	0,82 (±0,92)	14,04 (±7,78)	5,66 (±2,59)	14,53 (±2,87)	2,73 (±1,32)
Mais Gras Mist	27,28 (±1,53)	44,65 (±2,86)	32,36 (±1,87)	-0,02 (±0,00)	0,09 (±0,00)	8,28 (±6,43)	4,82 (±6,11)	13,96 (±0,78)	3,83 (±1,56)
NPK	21,03 (±)	40,52 (±)	23,64 (±)	0,01 (±)	0,67 (±)	7,44 (±)	8,17 (±)	8,89 (±)	4,91 (±)

Tabelle 21: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, des Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C-Gehalt Boden (%)	N-Gehalt Boden (%)	C/N- Verhältnis Boden	C-Gehalt Stroh (%)	N-Gehalt Stroh (%)	C/N- Verhältnis Stroh	C-Gehalt Korn (%)	N-Gehalt Korn (%)	C/N- Verhältnis Korn	C _{org} Boden (%)	C _{org} Stroh (%)	C _{org} Korn (%)
Mais	6,40 (±0,11)	0,08 (±0,01)	1,08 (±0,03)	13,69 (±1,18)	42,90 (±0,14)	1,23 (±0,11)	35,05 (±3,03)	43,06 (±0,33)	3,57 (±0,17)	12,10 (±0,67)	1,01 (±0,43)	89,48 (±0,48)	96,58 (±0,21)
Ohne Kosbstrat	6,24 (±0,12)	0,09 (±0,01)	1,11 (±0,05)	12,31 (±0,21)	42,34 (±0,39)	1,20 (±0,09)	35,44 (±2,68)	44,60 (±0,07)	2,84 (±0,07)	15,73 (±0,36)	1,05 (±0,44)	89,94 (±0,47)	96,56 (±0,20)
Mais Getrei- de	6,40 (±0,06)	0,09 (±0,01)	1,08 (±0,05)	12,37 (±0,48)	40,20 (±4,18)	1,33 (±0,21)	30,72 (±5,72)	44,88 (±0,25)	2,97 (±0,12)	15,11 (±0,58)	1,08 (±0,12)	90,57 (±3,01)	96,02 (±0,28)
NPK	6,13 (±)	0,09 (±)	1,09 (±)	12,10 (±)	43,23 (±)	1,22 (±)	36,57 (±)	44,20 (±)	2,72 (±)	16,27 (±)	1,06 (±)	91,31 (±)	96,57 (±)

Tabelle 22: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Strohs der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Boden (mg/kg)	Cr Boden (mg/kg)	Cu Boden (mg/kg)	Ni Boden (mg/kg)	Pb Boden (mg/kg)	Zn Boden (mg/kg)	Cd Stroh (mg/kg)	Cr Stroh (mg/kg)	Cu Stroh (mg/kg)	Ni Stroh (mg/kg)	Pb Stroh (mg/kg)	Zn Stroh (mg/kg)
Mais	0,17 (±0,03)	23,28 (±0,57)	9,78 (±1,23)	21,68 (±1,41)	15,76 (±3,06)	55,95 (±8,73)	0,20 (±0,05)	0,36 (±0,17)	3,45 (±0,54)	0,57 (±0,11)	0,89 (±0,48)	52,26 (±21,09)
Ohne Kosbstra	0,18 (±0,04)	24,40 (±3,97)	10,38 (±0,96)	21,72 (±3,49)	16,48 (±0,39)	51,22 (±4,87)	0,23 (±0,03)	0,32 (±0,16)	3,09 (±0,13)	1,06 (±0,53)	0,68 (±0,42)	38,36 (±5,58)
Mais Getreide	0,14 (±0,00)	22,28 (±1,91)	9,31 (±0,25)	20,87 (±1,68)	16,95 (±0,49)	52,44 (±2,07)	0,14 (±0,02)	0,30 (±0,02)	3,52 (±0,53)	0,93 (±0,08)	0,38 (±0,22)	41,44 (±4,65)
NPK	0,14 (±)	31,28 (±)	10,03 (±)	20,80 (±)	13,56 (±)	58,54 (±)	0,17 (±)	0,80 (±)	4,15 (±)	3,39 (±)	0,26 (±)	44,07 (±)

Tabelle 23: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Kornes und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Korn (mg/kg)	Cr Korn (mg/kg)	Cu Korn (mg/kg)	Ni Korn (mg/kg)	Pb Korn (mg/kg)	Zn Korn (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Korn TS)	MgO (mg/100g Korn TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Korn TS)
Mais	0,03 (±0,00)	0,72 (±0,19)	6,57 (±0,38)	1,57 (±0,65)	0,15 (±0,06)	13,23 (±0,03)	560,19 (±14,13)	305,93 (±16,13)	124,16 (±0,01)	785,22 (±5,25)	175,76 (±11,93)	969,27 (±86,89)
Ohne Kosbstra	0,03 (±0,00)	1,13 (±1,02)	7,40 (±0,66)	1,43 (±0,41)	0,07 (±0,09)	7,41 (±0,05)	542,57 (±21,64)	290,16 (±20,44)	120,39 (±0,00)	672,47 (±128,32)	149,18 (±28,84)	832,14 (±196,91)
Mais Getrei- de	0,03 (±0,00)	0,49 (±0,15)	7,13 (±1,86)	1,15 (±0,19)	0,61 (±1,51)	61,42 (±0,65)	561,20 (±25,89)	282,03 (±13,89)	117,48 (±0,00)	769,76 (±36,56)	176,78 (±10,25)	958,71 (±94,59)
NPK	0,02 (±)	0,49 (±)	5,87 (±)	0,95 (±)	0,14 (±)	45,90 (±)	569,96 (±)	271,10 (±)	123,21 (±)	1647,69 (±)	2014,44 (±)	1032,31 (±)

Tabelle 24: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers sowie die Biomasse der Sommergerste 2005 (Termin 1) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)	Biomasse Stroh (g TS)	Biomasse Korn (g TS)
Mais	5209,80 (±271,12)	195,24 (±19,04)	87,24 (±0,02)	23,10 (±3,26)	61,69 (±33,22)	24,00 (±1,34)	0,00 (±0,01)	1,88 (±1,41)	15,03 (±12,31)	3,17 (±1,79)	17,02 (±1,27)	6,19 (±0,62)
Ohne Kosbstra	5111,62 (±250,41)	181,50 (±26,15)	134,96 (±0,04)	18,99 (±0,73)	40,72 (±1,96)	24,52 (±1,86)	-0,01 (±0,01)	0,98 (±0,51)	9,49 (±8,30)	3,10 (±1,39)	16,29 (±2,71)	5,43 (±0,93)
Mais Getreide	5957,57 (±562,36)	187,07 (±35,90)	149,47 (±0,08)	22,39 (±3,89)	44,10 (±1,35)	24,24 (±0,72)	-0,01 (±0,01)	1,21 (±0,92)	4,06 (±0,04)	13,02 (±11,26)	20,26 (±2,13)	4,27 (±1,07)
NPK	2042,13 (±)	187,02 (±)	120,23 (±)	21,03 (±)	40,52 (±)	23,64 (±)	0,01 (±)	0,67 (±)	7,44 (±)	8,17 (±)	8,89 (±)	4,91 (±)

Tabelle 25: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, des oberirdischen Aufwuchses, und der Knolle des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Oberirdisch	N (%) Ober- irdisch	C/N- Verhältnis Oberirdisch	C (%) Knolle	N (%) Knolle	C/N- Verhältnis Knolle	C _{org} Boden (%)	C _{org} Oberirdisch (%)	C _{org} Knolle (%)
Mais GPS	6,09 (±0,09)	1,15 (±0,03)	0,11 (±0,02)	10,78 (±1,82)	36,93 (±0,38)	2,03 (±0,29)	18,44 (±2,85)	38,43 (±2,98)	2,35 (±0,49)	16,94 (±4,60)	2,57 (±2,98)	78,98 (±3,16)	83,41 (±6,89)
Mais Gras	5,96 (±0,06)	1,19 (±0,07)	0,11 (±0,02)	10,78 (±1,50)	35,02 (±4,91)	2,22 (±0,23)	15,81 (±2,12)	31,60 (±3,86)	2,62 (±0,72)	12,45 (±2,18)	1,08 (±0,04)	75,81 (±10,33)	69,61 (±7,34)
Mais Gras Ge- treide Mist	5,88 (±0,09)	1,20 (±0,08)	0,11 (±0,02)	10,78 (±1,39)	35,99 (±3,16)	2,65 (±0,34)	13,80 (±2,40)	34,37 (±1,79)	2,60 (±0,15)	13,23 (±1,04)	1,14 (±0,05)	81,58 (±1,19)	78,06 (±4,45)
NPK	5,90 (±)	1,11 (±)	0,11 (±)	10,08 (±)	37,53 (±)	1,86 (±)	20,32 (±)	38,93 (±)	2,11 (±)	18,52 (±)	1,01 (±)	81,40 (±)	81,42 (±)

Tabelle 26: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Ret-tichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)
Mais GPS	0,22 (±0,01)	33,64 (±2,58)	9,72 (±0,24)	9,81 (±0,67)	17,80 (±0,75)	61,15 (±6,65)	0,13 (±0,03)	5,91 (±1,52)	3,65 (±0,22)	0,53 (±0,30)	0,97 (±1,02)	43,60 (±7,38)
Mais Gras	0,21 (±0,00)	25,73 (±4,09)	9,70 (±0,21)	8,44 (±0,51)	17,45 (±0,88)	52,35 (±1,82)	0,16 (±0,03)	3,88 (±4,00)	4,58 (±1,35)	0,60 (±0,21)	1,97 (±2,99)	41,95 (±2,03)
Mais Gras Getreide Mist	0,21 (±0,01)	17,74 (±3,94)	10,07 (±0,24)	10,66 (±1,09)	19,77 (±0,44)	53,20 (±2,34)	0,18 (±0,05)	2,14 (±1,54)	5,68 (±0,30)	1,21 (±0,21)	1,52 (±0,16)	45,06 (±5,97)
NPK	0,19 (±)	27,80 (±)	8,35 (±)	35,19 (±)	18,80 (±)	44,72 (±)	0,29 (±)	1,06 (±)	6,00 (±)	1,65 (±)	1,24 (±)	56,57 (±)

Tabelle 27: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärs substrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Knolle (mg/kg)	Cr Knolle (mg/kg)	Cu Knolle (mg/kg)	Ni Knolle (mg/kg)	Pb Knolle (mg/kg)	Zn Knolle (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g OberirdischTS)	MgO (mg/100g OberirdischTS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Obe- rirdischTS)
Mais GPS	0,16 (±0,04)	4,61 (±2,01)	6,97 (±2,46)	4,73 (±2,31)	2,48 (±1,68)	55,30 (±13,01)	563,77 (±12,57)	331,45 (±26,68)	118,98 (±0,00)	5658,33 (±589,83)	728,37 (±71,43)	937,05 (±0,19)
Mais Gras	0,21 (±0,03)	9,30 (±3,18)	9,02 (±0,79)	9,57 (±3,65)	3,99 (±1,36)	67,87 (±6,18)	546,09 (±21,73)	251,49 (±173,21)	121,02 (±0,01)	6100,65 (±493,13)	692,39 (±78,54)	935,77 (±0,11)
Mais Gras Getreide Mist	0,20 (±0,04)	6,68 (±1,53)	8,12 (±2,34)	6,18 (±0,83)	3,03 (±0,91)	62,19 (±17,04)	522,82 (±11,95)	347,64 (±23,39)	119,56 (±0,00)	6205,04 (±409,98)	681,89 (±85,16)	1010,97 (±0,09)
NPK	0,21 (±)	4,43 (±)	5,99 (±)	4,00 (±)	2,66 (±)	63,43 (±)	534,49 (±)	370,89 (±)	80,60 (±)	3008,91 (±)	550,36 (±)	690,60 (±)

Tabelle 28: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte der Knolle und CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, CAL- Phosphor-, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Knolle TS)	MgO (mg/100g Knolle TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Knolle TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)
Mais GPS	5959,66 (±976,63)	392,25 (±53,20)	2100,72 (±0,35)	30,62 (±4,91)	65,32 (±2,22)	10,39 (±0,31)	0,04 (±0,01)	0,30 (±0,03)
Mais Gras	5184,23 (±850,65)	452,36 (±43,36)	2284,10 (±0,25)	22,77 (±1,07)	62,94 (±0,85)	11,07 (±2,49)	0,03 (±0,01)	0,51 (±0,20)
Mais Gras Getreide Mist	6354,83 (±354,80)	422,12 (±111,90)	2396,07 (±0,40)	22,02 (±2,63)	63,04 (±3,41)	10,16 (±0,48)	0,02 (±0,01)	0,52 (±0,18)
NPK	5309,29 (±)	307,38 (±)	1886,50 (±)	20,38 (±)	61,54 (±)	8,82 (±)	0,00 (±)	0,27 (±)

Tabelle 29: Mittelwerte der Nitrat-, und DOC-Gehalte des Sickerwassers, die alkalische Phosphataseaktivität, Nettomineralisationsraten des Bodens, das Cmic/ Nmic Verhältnis sowie die Biomasse des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)	APA (µg p- NP/g*h)	Netto-N (µg/g*d)	C mic./ N mic.	Biomasse Oberirdisch (g TS)	Biomasse Knolle (g TS)
Mais GPS	5,01 (±1,74)	10,56 (±3,37)	188,21 (±41,87)	0,72 (±0,08)	6,17 (±0,38)	8,62 (±1,05)	3,56 (±1,62)
Mais Gras	2,43 (±1,53)	31,71 (±6,40)	166,22 (±21,94)	1,01 (±0,25)	6,33 (±0,39)	10,71 (±0,98)	1,63 (±0,73)
Mais Gras Getreide Mist	42,88 (±45,83)	28,58 (±16,75)	203,62 (±12,02)	1,06 (±0,17)	6,84 (±0,49)	10,49 (±0,98)	2,48 (±1,32)
NPK	5,72 (±)	28,38 (±)	14,78 (±)	13,60 (±)	181,16 (±)	26,38 (±)	6,91 (±)

Tabelle 30: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, des oberirdischen Aufwuchses, und der Knolle des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Oberirdisch	N (%) Oberirdisch	C/N- Verhältnis Oberirdisch	C (%) Knolle	N (%) Knolle	C/N- Verhältnis Knolle	C _{org} Boden (%)	C _{org} Oberirdisch (%)	C _{org} Knolle (%)
Mais Gras Mist GPS	6,02 (±0,03)	1,14 (±0,03)	0,12 (±0,00)	9,20 (±0,18)	37,88 (±0,63)	2,25 (±0,48)	17,49 (±4,03)	35,73 (±2,72)	2,41 (±0,38)	15,05 (±2,26)	1,10 (±0,04)	81,01 (±2,39)	76,99 (±4,11)
Mais	5,83 (±0,15)	1,23 (±0,07)	0,13 (±0,00)	9,44 (±0,33)	38,10 (±0,92)	2,69 (±0,32)	14,29 (±1,63)	36,05 (±1,33)	2,72 (±0,40)	13,52 (±2,29)	1,19 (±0,06)	81,09 (±0,72)	77,21 (±2,28)
Gras Getreide GPS	6,01 (±0,01)	1,19 (±0,10)	0,13 (±0,01)	9,50 (±0,33)	37,00 (±0,39)	1,51 (±0,07)	24,55 (±1,31)	35,05 (±1,98)	2,20 (±0,10)	15,96 (±1,11)	1,15 (±0,03)	80,92 (±1,57)	75,79 (±3,72)
Mais Gras Getreide	5,77 (±0,05)	1,22 (±0,06)	0,13 (±0,01)	9,30 (±0,13)	38,24 (±0,84)	2,57 (±0,07)	14,90 (±0,41)	35,50 (±1,37)	2,99 (±0,33)	11,99 (±1,71)	1,20 (±0,06)	80,93 (±2,94)	78,72 (±2,09)
Mais Gras Getreide GPS	5,96 (±0,06)	1,15 (±0,04)	0,13 (±0,00)	9,10 (±0,09)	37,64 (±0,89)	2,54 (±0,73)	15,66 (±4,04)	32,48 (±10,14)	2,92 (±0,91)	11,14 (±0,00)	1,16 (±0,05)	80,85 (±3,26)	75,91 (±5,03)
Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	5,76 (±0,05)	1,17 (±0,05)	0,13 (±0,00)	9,06 (±0,19)	37,69 (±0,74)	2,96 (±0,38)	12,89 (±1,67)	34,24 (±2,37)	3,07 (±0,22)	11,17 (±0,06)	1,18 (±0,08)	81,54 (±2,38)	77,68 (±1,75)
NPK	5,90 (±)	1,11 (±)	0,11 (±)	10,08 (±)	37,53 (±)	1,86 (±)	20,32 (±)	38,93 (±)	2,11 (±)	18,52 (±)	1,01 (±)	81,40 (±)	81,42 (±)

Tabelle 31: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Ret-tichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Boden (mg/kg)	Cr Boden (mg/kg)	Cu Boden (mg/kg)	Ni Boden (mg/kg)	Pb Boden (mg/kg)	Zn Boden (mg/kg)	Cd Oberirdisch (mg/kg)	Cr Oberirdisch (mg/kg)	Cu Oberirdisch (mg/kg)	Ni Oberirdisch (mg/kg)	Pb Oberirdisch (mg/kg)	Zn Oberirdisch (mg/kg)
Mais Gras Mist GPS	0,19 (±0,01)	23,35 (±2,02)	9,59 (±0,92)	11,29 (±0,47)	18,57 (±0,42)	48,64 (±4,50)	0,18 (±0,06)	0,78 (±0,17)	4,08 (±1,38)	0,75 (±0,34)	0,82 (±1,22)	49,33 (±7,34)
Mais	0,20 (±0,01)	22,76 (±4,80)	10,28 (±0,47)	10,35 (±1,10)	19,79 (±0,88)	49,86 (±3,92)	0,25 (±0,03)	1,22 (±0,75)	3,89 (±0,48)	0,92 (±0,30)	0,32 (±0,28)	42,94 (±12,64)
Gras Getreide GPS	0,20 (±0,00)	17,96 (±0,37)	9,50 (±1,59)	9,97 (±0,90)	18,73 (±0,70)	50,02 (±2,77)	0,23 (±0,04)	1,44 (±0,34)	3,63 (±0,68)	0,14 (±0,17)	0,58 (±0,37)	43,67 (±6,62)
Mais Gras Getreide	0,20 (±0,01)	4,51 (±0,18)	9,32 (±1,04)	11,49 (±0,39)	19,01 (±1,27)	58,48 (±10,81)	0,35 (±0,09)	0,96 (±0,41)	5,00 (±2,00)	0,31 (±0,16)	0,72 (±0,38)	55,23 (±20,28)
Mais Gras Getreide GPS	0,20 (±0,01)	18,28 (±1,11)	8,78 (±0,30)	15,03 (±9,98)	17,61 (±0,39)	58,16 (±3,18)	0,21 (±0,04)	1,45 (±0,32)	4,31 (±1,33)	1,09 (±1,23)	0,60 (±0,40)	40,67 (±4,91)
Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	0,18 (±0,04)	19,44 (±1,69)	8,86 (±0,72)	35,05 (±6,65)	18,11 (±0,54)	52,69 (±14,69)	0,31 (±0,04)	1,61 (±0,45)	4,47 (±1,04)	1,10 (±1,24)	0,99 (±0,87)	48,99 (±20,39)
NPK	0,19 (±)	27,80 (±)	8,35 (±)	35,19 (±)	18,80 (±)	44,72 (±)	0,29 (±)	1,06 (±)	6,00 (±)	1,65 (±)	1,24 (±)	56,57 (±)

Tabelle 32: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Knolle (mg/kg)	Cr Knolle (mg/kg)	Cu Knolle (mg/kg)	Ni Knolle (mg/kg)	Pb Knolle (mg/kg)	Zn Knolle (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Ober- irdisch TS)	MgO (mg/100g Oberirdisch TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Oberirdisch TS)
Mais Gras Mist GPS	0,16 (±0,02)	6,17 (±2,16)	6,27 (±1,22)	4,52 (±2,06)	2,58 (±0,88)	66,57 (±7,37)	553,28 (±20,81)	364,83 (±25,07)	113,27 (±0,00)	5718,31 (±955,07)	597,51 (±82,90)	931,28 (±0,20)
Mais	0,19 (±0,03)	5,64 (±0,99)	6,68 (±0,91)	3,95 (±0,84)	3,11 (±1,26)	63,68 (±18,53)	539,35 (±19,11)	369,79 (±11,79)	118,73 (±0,01)	5711,99 (±480,76)	716,46 (±122,99)	938,99 (±0,12)
Gras Getreide GPS	0,15 (±0,01)	6,00 (±1,96)	6,41 (±0,43)	5,55 (±1,30)	3,37 (±0,94)	59,91 (±8,05)	548,47 (±7,07)	368,81 (±16,15)	117,01 (±0,00)	5558,94 (±552,11)	599,74 (±82,46)	957,33 (±0,09)
Mais Gras Getrei- de	0,21 (±0,04)	5,16 (±0,43)	7,23 (±2,56)	4,63 (±0,60)	3,41 (±0,84)	56,01 (±1,89)	526,22 (±19,46)	368,09 (±13,78)	112,88 (±0,00)	5188,57 (±1414,64)	739,75 (±184,73)	870,16 (±0,12)
Mais Gras Getrei- de GPS	0,16 (±0,03)	5,71 (±1,80)	6,51 (±1,78)	4,19 (±1,94)	2,50 (±1,07)	77,77 (±25,47)	523,40 (±14,37)	386,88 (±16,32)	128,74 (±0,01)	5130,47 (±1638,15)	625,22 (±67,58)	895,52 (±0,16)
Mais Gras Getrei- de Hühnertro- ckenkot	0,19 (±0,03)	4,98 (±1,18)	6,68 (±0,37)	4,81 (±1,99)	4,30 (±1,38)	61,99 (±5,67)	518,36 (±11,18)	383,41 (±25,15)	135,03 (±0,00)	5545,23 (±834,51)	885,30 (±118,34)	866,73 (±0,13)
NPK	0,21 (±)	4,43 (±)	5,99 (±)	4,00 (±)	2,66 (±)	63,43 (±)	534,49 (±)	370,89 (±)	80,60 (±)	3008,91 (±)	550,36 (±)	690,60 (±)

Tabelle 33: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte der Knolle und CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, CAL- Phosphor-, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Knolle TS)	MgO (mg/100g Knolle TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Knolle TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)
Mais Gras Mist GPS	6357,78 (±548,45)	388,54 (±56,90)	2251,39 (±0,35)	31,02 (±0,86)	65,77 (±2,94)	8,67 (±2,83)	-0,01 (±0,00)	0,40 (±0,15)
Mais	5025,19 (±1961,86)	296,01 (±201,91)	2465,38 (±0,26)	27,96 (±3,02)	64,25 (±2,80)	8,95 (±2,01)	0,00 (±0,01)	0,70 (±0,19)
Gras Getreide GPS	5953,71 (±1837,35)	389,67 (±118,91)	2522,75 (±0,14)	27,76 (±2,47)	64,97 (±2,05)	9,07 (±0,04)	-0,01 (±0,00)	0,32 (±0,08)
Mais Gras Getrei- de	6104,05 (±317,06)	422,73 (±113,79)	2272,68 (±0,25)	20,40 (±3,53)	63,71 (±3,90)	9,17 (±1,77)	0,00 (±0,01)	0,62 (±0,21)
Mais Gras Getrei- de GPS	7628,58 (±2886,74)	272,01 (±183,66)	2616,32 (±0,50)	27,45 (±1,68)	67,56 (±1,15)	8,98 (±1,09)	-0,01 (±0,00)	0,41 (±0,05)
Mais Gras Getrei- de Hühnertro- ckenkot	5635,29 (±705,25)	349,58 (±90,71)	2313,31 (±0,36)	16,77 (±2,69)	65,88 (±1,82)	12,24 (±1,43)	-0,01 (±0,01)	0,70 (±0,10)
NPK	5309,29 (±)	307,38 (±)	1886,50 (±)	20,38 (±)	.	8,82 (±)	0,00 (±)	0,27 (±)

Tabelle 34: Mittelwerte der Nitrat-, und DOC-Gehalte des Sickerwassers, die alkalische Phosphataseaktivität, Nettomineralisationsraten des Bodens, das Cmic/ Nmic Verhältnis sowie die Biomasse des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)	APA (µg p-NP/g*h)	Netto-N (µg/g*d)	C mic./ N mic.	Biomasse Oberirdisch (g TS)	Biomasse Knolle (g TS)
Mais Gras Mist GPS	8,98 (±13,11)	20,39 (±13,44)	178,19 (±13,98)	0,74 (±0,24)	6,49 (±0,69)	9,52 (±1,60)	2,44 (±1,42)
Mais	29,04 (±30,13)	40,01 (±13,45)	212,16 (±17,86)	0,95 (±0,23)	6,87 (±0,27)	10,15 (±1,31)	2,65 (±0,85)
Gras Getreide GPS	3,33 (±1,47)	15,32 (±14,71)	189,06 (±29,06)	1,14 (±0,18)	6,79 (±0,51)	8,51 (±1,55)	2,13 (±0,69)
Mais Gras Getreide	26,66 (±28,66)	40,23 (±19,49)	209,90 (±29,72)	0,79 (±0,19)	6,56 (±0,73)	8,68 (±0,34)	2,38 (±0,99)
Mais Gras Getreide GPS	4,37 (±2,46)	10,17 (±1,80)	181,73 (±12,57)	0,83 (±0,23)	6,78 (±0,53)	8,82 (±0,88)	2,05 (±0,76)
Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	22,37 (±39,98)	24,58 (±16,86)	193,90 (±17,19)	0,90 (±0,30)	7,53 (±0,85)	9,96 (±1,10)	2,46 (±0,51)
NPK	5,72 (±)	13,60 (±)	153,94 (±)	0,67 (±)	6,91 (±)	12,83 (±)	2,50 (±)

Tabelle 35: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, des oberirdischen Aufwuchses, und der Knolle des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Oberirdisch	N (%) Oberirdisch	C/N- Verhältnis Oberirdisch	C (%) Knolle	N (%) Knolle	C/N- Verhältnis Knolle	C _{org} (%) Boden	C _{org} (%) Oberirdisch	C _{org} Knolle (%)
Mais	5,88 (±0,15)	1,11 (±0,04)	0,12 (±0,01)	9,71 (±1,70)	38,04 (±1,96)	1,93 (±0,38)	20,08 (±2,91)	34,87 (±0,75)	3,10 (±0,10)	11,25 (±0,22)	1,14 (±0,03)	84,51 (±3,13)	79,45 (±3,22)
Ohne Ko- substrat	5,96 (±0,06)	1,11 (±0,05)	0,12 (±0,00)	9,04 (±0,25)	35,30 (±2,30)	2,48 (±0,46)	14,50 (±2,33)	37,96 (±0,72)	2,90 (±0,37)	13,24 (±1,82)	1,18 (±0,10)	76,36 (±6,00)	78,75 (±0,88)
GPS	5,95 (±0,04)	1,09 (±0,05)	0,12 (±0,00)	9,17 (±0,26)	35,75 (±5,22)	2,25 (±0,33)	15,99 (±2,37)	32,93 (±2,79)	2,76 (±0,74)	12,37 (±2,41)	1,10 (±0,02)	81,32 (±2,02)	78,58 (±3,97)
NPK	5,90 (±)	1,11 (±)	0,11 (±)	10,08 (±)	37,53 (±)	1,86 (±)	20,32 (±)	38,93 (±)	2,11 (±)	18,52 (±)	1,01 (±)	81,40 (±)	81,42 (±)

Tabelle 36: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb Oberirdisch	Zn Oberirdisch
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	Oberirdisch (mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Mais	0,16 (±0,04)	35,99 (±9,19)	9,50 (±1,39)	38,01 (±4,62)	18,78 (±0,68)	49,65 (±7,03)	0,18 (±0,05)	0,99 (±0,37)	2,63 (±1,80)	0,32 (±0,22)	0,40 (±0,12)	37,56 (±7,25)
Ohne Ko- substrat	0,16 (±0,00)	41,68 (±4,52)	10,14 (±1,96)	35,50 (±2,95)	18,51 (±1,07)	47,27 (±2,22)	0,22 (±0,02)	4,37 (±2,80)	4,27 (±0,76)	2,30 (±1,62)	2,03 (±1,07)	45,41 (±8,53)
GPS	0,17 (±0,03)	24,90 (±8,55)	11,63 (±2,32)	40,14 (±8,31)	18,86 (±0,92)	47,61 (±7,89)	0,18 (±0,05)	1,03 (±0,52)	4,31 (±1,16)	0,08 (±0,16)	0,48 (±0,11)	46,33 (±12,02)
NPK	0,19 (±)	27,80 (±)	8,35 (±)	35,19 (±)	18,80 (±)	44,72 (±)	0,29 (±)	1,06 (±)	6,00 (±)	1,65 (±)	1,24 (±)	56,57 (±)

Tabelle 37: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte der Knolle und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des oberirdischen Aufwuchses des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Knolle (mg/kg)	Cr Knolle (mg/kg)	Cu Knolle (mg/kg)	Ni Knolle (mg/kg)	Pb Knolle (mg/kg)	Zn Knolle (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Oberirdisch TS)	MgO (mg/100g Oberirdisch TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Oberirdisch TS)
Mais	0,15 (±0,03)	7,66 (±2,87)	6,38 (±0,97)	1,77 (±0,07)	2,97 (±0,90)	81,47 (±49,96)	482,64 (±125,57)	380,75 (±30,02)	131,65 (±0,01)	4278,67 (±1026,90)	962,41 (±583,49)	809,26 (±0,17)
Ohne Ko- substrat	0,20 (±0,01)	6,68 (±0,75)	6,39 (±1,47)	1,46 (±0,28)	2,82 (±0,85)	60,22 (±4,30)	556,66 (±16,74)	394,81 (±14,19)	131,87 (±0,00)	5809,46 (±645,57)	522,39 (±130,50)	756,46 (±0,13)
GPS	0,20 (±0,04)	10,92 (±4,05)	6,20 (±1,14)	3,35 (±1,67)	4,32 (±0,58)	71,01 (±4,01)	478,99 (±131,47)	388,38 (±21,80)	136,84 (±0,01)	5083,10 (±945,93)	534,23 (±99,74)	929,56 (±0,20)
NPK	0,21 (±)	4,43 (±)	5,99 (±)	4,00 (±)	2,66 (±)	63,43 (±)	534,49 (±)	370,89 (±)	80,60 (±)	3008,91 (±)	550,36 (±)	690,60 (±)

Tabelle 38: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte der Knolle und CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, CAL- Phosphor-, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Knolle TS)	MgO (mg/100g Knolle TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Knolle TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)
Mais	5390,31 (±450,73)	388,92 (±52,16)	2366,20 (±0,19)	22,36 (±2,29)	63,39 (±1,71)	8,30 (±0,87)	-0,01 (±0,00)	0,38 (±0,16)
Ohne Ko- substrat	7058,92 (±212,16)	371,57 (±250,07)	2291,55 (±0,28)	23,41 (±2,39)	64,12 (±4,43)	7,77 (±0,83)	-0,01 (±0,00)	0,48 (±0,08)
GPS	5902,25 (±1154,27)	440,99 (±51,25)	1936,80 (±1,38)	25,26 (±1,53)	63,23 (±2,66)	7,47 (±0,72)	-0,01 (±0,00)	0,31 (±0,02)
NPK	5309,29 (±)	307,38 (±)	1886,50 (±)	20,38 (±)	61,24 (±)	8,82 (±)	0,00 (±)	0,27 (±)

Tabelle 39: Mittelwerte der Nitrat-, und DOC-Gehalte des Sickerwassers, die alkalische Phosphataseaktivität, Nettomineralisationsraten des Bodens, das Cmic/ Nmic Verhältnis sowie die Biomasse des Rettichs 2005 (Termin 2) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	NO3-N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)	APA (µg p-NP/g*h)	Netto-N (µg/g*d)	C mic./ N mic.	Biomasse Oberirdisch (g TS)	Biomasse Knolle (g TS)
Mais	-1,74 (±7,31)	10,56 (±1,63)	207,25 (±24,67)	0,91 (±0,39)	6,16 (±1,15)	10,23 (±1,35)	3,11 (±1,06)
Ohne Ko-substrat	0,42 (±3,06)	10,63 (±9,23)	142,36 (±8,36)	0,67 (±0,25)	6,09 (±0,89)	11,67 (±1,20)	2,14 (±0,77)
GPS	-13,14 (±4,99)	15,51 (±2,88)	197,53 (±24,77)	0,56 (±0,35)	6,23 (±0,56)	8,45 (±0,99)	1,75 (±0,92)
NPK	5,72 (±)	13,60 (±)	153,94 (±)	0,67 (±)	6,91 (±)	12,83 (±)	2,50 (±)

Tabelle 40: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Korn	N (%) Korn	C/N- Verhältnis Korn	C (%) Stroh	N (%) Stroh	C/N- Verhältnis Stroh	C _{org} (Gew-%) Boden	C _{org} (Gew-%) Korn	C _{org} (Gew-%) Stroh
Mais GPS	6,59 (±0,20)	0,11 (±0,03)	1,24 (±0,29)	11,29 (±0,30)	45,56 (±0,30)	2,47 (±0,27)	18,60 (±1,83)	45,49 (±1,97)	2,12 (±1,06)	26,08 (±12,61)	1,36 (±0,15)	97,84 (±0,29)	95,52 (±1,40)
Mais Gras	6,84 (±0,14)	0,12 (±0,06)	1,57 (±1,16)	11,71 (±2,35)	45,59 (±0,35)	2,06 (±0,13)	22,24 (±1,35)	45,23 (±0,34)	1,99 (±0,63)	24,30 (±6,57)	1,31 (±0,11)	97,80 (±0,18)	94,18 (±0,34)
Mais Gras Getreide Mist	6,76 (±0,06)	0,12 (±0,02)	1,25 (±0,04)	9,57 (±2,28)	44,74 (±0,25)	2,33 (±0,32)	19,47 (±2,29)	45,58 (±0,26)	2,32 (±0,32)	19,97 (±2,78)	1,34 (±0,07)	97,99 (±0,17)	94,24 (±0,81)
NPK	5,97 (±)	0,45 (±)	5,34 (±)	14,11 (±)	45,45 (±)	2,24 (±)	20,32 (±)	44,60 (±)	2,02 (±)	25,86 (±)	1,13 (±)	98,04 (±)	95,71 (±)

Tabelle 41: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Boden (mg/kg)	Cr Boden (mg/kg)	Cu Boden (mg/kg)	Ni Boden (mg/kg)	Pb Boden (mg/kg)	Zn Boden (mg/kg)	Cd Korn (mg/kg)	Cr Korn (mg/kg)	Cu Korn (mg/kg)	Ni Korn (mg/kg)	Pb Korn (mg/kg)	Zn Korn (mg/kg)
Mais GPS	0,15 (±0,02)	31,95 (±3,22)	13,68 (±0,74)	30,41 (±2,17)	13,65 (±0,93)	52,82 (±3,39)	0,02 (±0,01)	0,89 (±0,15)	2,80 (±0,33)	1,25 (±0,61)	0,01 (±0,01)	36,70 (±6,97)
Mais Gras	0,15 (±0,02)	51,35 (±15,29)	12,76 (±0,38)	34,94 (±4,48)	13,42 (±1,26)	51,86 (±1,36)	0,02 (±0,00)	1,22 (±0,17)	2,05 (±0,18)	2,80 (±0,50)	0,05 (±0,04)	26,94 (±0,55)
Mais Gras Getreide Mist	0,14 (±0,01)	49,95 (±4,78)	13,47 (±0,90)	33,64 (±5,36)	14,50 (±0,98)	51,73 (±1,05)	0,02 (±0,00)	0,64 (±0,38)	2,74 (±0,38)	1,33 (±0,38)	0,03 (±0,01)	35,32 (±5,95)
NPK	0,14 (±)	50,56 (±)	13,11 (±)	38,25 (±)	12,38 (±)	55,82 (±)	0,06 (±)	1,37 (±)	2,40 (±)	2,04 (±)	0,00 (±)	38,59 (±)

Tabelle 42: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Korns und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅
	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Korn TS)	(mg/100g Korn TS)	(mg/100g Korn TS)
Mais GPS	0,03 (±0,01)	1,41 (±0,90)	0,98 (±0,15)	2,32 (±1,57)	0,06 (±0,03)	7,51 (±3,77)	1031,81 (±84,45)	497,27 (±64,38)	143,23 (±0,01)	1713,81 (±140,86)	510,71 (±19,18)	987,69 (±0,04)
Mais Gras	0,03 (±0,02)	1,38 (±0,55)	0,95 (±0,19)	1,23 (±0,55)	0,09 (±0,03)	7,42 (±4,67)	1149,24 (±58,53)	506,63 (±16,96)	134,58 (±0,00)	1666,15 (±47,98)	474,31 (±56,42)	936,36 (±0,04)
Mais Gras Getreide Mist	0,03 (±0,01)	1,16 (±0,40)	0,81 (±0,43)	1,52 (±0,92)	0,10 (±0,03)	8,71 (±2,67)	931,03 (±31,85)	507,61 (±24,08)	138,55 (±0,00)	1587,75 (±24,81)	500,72 (±25,99)	943,63 (±0,04)
NPK	0,11 (±)	1,30 (±)	0,67 (±)	0,94 (±)	0,13 (±)	12,36 (±)	925,68 (±)	513,18 (±)	133,91 (±)	749,96 (±)	288,54 (±)	967,28 (±)

Tabelle 43: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)
Mais GPS	2503,81 (±313,87)	157,07 (±67,44)	97,28 (±0,02)	16,18 (±2,93)	33,74 (±1,87)	11,29 (±1,86)	0,04 (±0,02)	0,52 (±0,20)	9,85 (±3,64)	21,33 (±5,72)
Mais Gras	2294,13 (±155,98)	150,65 (±36,52)	119,94 (±0,02)	18,83 (±2,91)	34,44 (±1,26)	12,70 (±1,78)	0,04 (±0,03)	0,82 (±0,27)	8,25 (±1,65)	12,45 (±0,82)
Mais Gras Getreide Mist	2271,62 (±128,49)	240,59 (±16,61)	130,76 (±0,03)	15,39 (±1,96)	36,43 (±0,73)	14,10 (±2,16)	0,04 (±0,04)	0,67 (±0,29)	11,46 (±5,10)	18,44 (±7,64)
NPK	2415,48 (±)	187,79 (±)	77,14 (±)	16,18 (±)	27,07 (±)	11,16 (±)	0,00 (±)	0,42 (±)	7,88 (±)	14,50 (±)

Tabelle 44: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	APA ($\mu\text{g p-NP/g}^*\text{h}$)	Netto-N ($\mu\text{g/g}^*\text{d}$)	C mic./ N mic.	Biomasse Korn (g TS)	Biomasse Stroh (g TS)
Mais GPS	180,69 ($\pm 44,22$)	0,69 ($\pm 0,62$)	275,54 ($\pm 25,06$)	32,48 ($\pm 4,59$)	51,61 ($\pm 2,12$)
Mais Gras	171,99 ($\pm 19,50$)	0,84 ($\pm 0,27$)	261,04 ($\pm 19,00$)	32,29 ($\pm 1,74$)	42,70 ($\pm 4,46$)
Mais Gras Getreide Mist	152,24 ($\pm 21,81$)	0,82 ($\pm 0,51$)	293,62 ($\pm 29,85$)	38,20 ($\pm 5,29$)	47,61 ($\pm 0,52$)
NPK	146,34 (\pm)	0,80 (\pm)	177,92 (\pm)	43,46 (\pm)	55,61 (\pm)

Tabelle 45: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Korn	N (%) Korn	C/N- Verhältnis Korn	C (%) Stroh	N (%) Stroh	C/N- Verhältnis Stroh	C _{org} (Gew-%) Boden	C _{org} (Gew-%) Korn	C _{org} (Gew-%) Stroh
Mais Gras GPS Mist	6,86 (±0,10)	0,10 (±0,00)	1,22 (±0,03)	12,25 (±0,57)	45,08 (±0,19)	2,38 (±0,26)	19,09 (±1,88)	45,48 (±0,53)	3,22 (±0,81)	14,80 (±3,65)	1,28 (±0,04)	98,52 (±0,72)	93,75 (±0,94)
Mais	6,74 (±0,03)	0,11 (±0,01)	1,23 (±0,03)	11,50 (±0,70)	45,01 (±0,08)	2,25 (±0,09)	20,01 (±0,77)	45,04 (±1,27)	3,04 (±0,57)	15,28 (±3,26)	1,31 (±0,06)	98,31 (±0,14)	93,06 (±1,32)
Gras Getreide GPS	6,89 (±0,09)	0,10 (±0,00)	1,18 (±0,04)	11,27 (±0,31)	44,74 (±0,13)	1,78 (±0,11)	25,28 (±1,63)	45,46 (±0,16)	1,87 (±0,58)	26,16 (±7,91)	1,24 (±0,02)	98,62 (±0,08)	94,87 (±2,61)
Mais Gras Getreide	6,70 (±0,08)	0,11 (±0,01)	1,22 (±0,04)	11,18 (±0,61)	44,90 (±0,06)	1,97 (±0,02)	22,85 (±0,25)	45,45 (±0,25)	1,82 (±0,23)	25,23 (±3,16)	1,32 (±0,05)	98,47 (±0,32)	94,17 (±0,29)
Mais Gras Getreide GPS	6,82 (±0,03)	0,11 (±0,00)	1,20 (±0,06)	11,27 (±0,45)	45,56 (±0,05)	2,09 (±0,09)	21,78 (±0,99)	45,64 (±0,16)	2,57 (±0,54)	18,30 (±3,64)	1,29 (±0,05)	98,64 (±0,10)	93,84 (±0,15)
Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	6,73 (±0,07)	0,10 (±0,01)	1,18 (±0,10)	11,78 (±0,33)	45,21 (±0,15)	2,24 (±0,13)	20,24 (±1,21)	44,71 (±0,81)	2,43 (±0,52)	19,01 (±3,60)	1,25 (±0,07)	98,28 (±0,30)	94,20 (±1,31)
NPK	5,97 (±)	0,45 (±)	5,34 (±)	14,11 (±)	45,45 (±)	2,24 (±)	20,32 (±)	44,60 (±)	2,02 (±)	25,86 (±)	1,13 (±)	98,04 (±)	95,71 (±)

Tabelle 46: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte Bodens und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Boden (mg/kg)	Cr Boden (mg/kg)	Cu Boden (mg/kg)	Ni Boden (mg/kg)	Pb Boden (mg/kg)	Zn Boden (mg/kg)	Cd Korn (mg/kg)	Cr Korn (mg/kg)	Cu Korn (mg/kg)	Ni Korn (mg/kg)	Pb Korn (mg/kg)	Zn Korn (mg/kg)
Mais Gras GPS Mist	0,12 (±0,01)	50,76 (±1,33)	12,92 (±1,01)	35,28 (±2,43)	14,37 (±1,10)	50,90 (±4,75)	0,03 (±0,01)	0,89 (±0,44)	2,48 (±0,27)	1,71 (±0,13)	0,03 (±0,03)	32,49 (±7,11)
Mais	0,13 (±0,00)	41,09 (±9,38)	12,36 (±0,84)	33,48 (±3,52)	12,79 (±2,02)	47,43 (±1,59)	0,03 (±0,00)	0,53 (±0,06)	2,38 (±0,27)	0,77 (±0,42)	0,03 (±0,02)	31,27 (±2,37)
Gras Getreide GPS	0,14 (±0,03)	33,53 (±2,72)	11,97 (±0,51)	31,56 (±3,17)	10,83 (±0,70)	50,34 (±1,13)	0,01 (±0,00)	1,52 (±0,73)	1,81 (±0,50)	3,11 (±1,48)	0,03 (±0,03)	26,41 (±4,95)
Mais Gras Getreide	0,13 (±0,01)	29,21 (±5,46)	11,70 (±0,85)	27,47 (±4,52)	10,57 (±0,49)	48,31 (±0,99)	0,01 (±0,00)	1,65 (±0,61)	2,21 (±0,07)	1,68 (±0,70)	0,01 (±0,02)	28,28 (±1,26)
Mais Gras Getreide GPS	0,14 (±0,01)	35,22 (±10,05)	11,75 (±0,29)	36,31 (±10,69)	11,30 (±0,54)	50,71 (±3,33)	0,02 (±0,00)	1,22 (±0,87)	2,62 (±0,19)	2,01 (±1,79)	0,14 (±0,16)	33,88 (±5,38)
Mais Gras Getreide Hüh- nertrockenkot	0,14 (±0,01)	38,43 (±3,93)	11,04 (±0,91)	27,28 (±3,26)	11,78 (±0,70)	51,86 (±0,31)	0,03 (±0,00)	0,89 (±0,34)	2,07 (±0,15)	1,12 (±0,07)	0,17 (±0,14)	34,62 (±4,19)
NPK	0,14 (±)	50,56 (±)	13,11 (±)	38,25 (±)	12,38 (±)	55,82 (±)	0,06 (±)	1,37 (±)	2,40 (±)	2,04 (±)	0,00 (±)	38,59 (±)

Tabelle 47: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Korns und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Korns des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅
	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Korn TS)	(mg/100g Korn TS)	(mg/100g Korn TS)
Mais Gras GPS Mist	0,04 (±0,02)	1,18 (±0,55)	0,74 (±0,50)	1,17 (±0,82)	0,33 (±0,44)	6,95 (±5,46)	867,20 (±69,34)	489,10 (±13,63)	128,30 (±0,00)	1562,98 (±59,59)	505,52 (±25,46)	1010,74 (±0,04)
Mais	0,05 (±0,02)	0,87 (±0,30)	0,86 (±0,32)	1,23 (±0,61)	0,15 (±0,10)	9,18 (±5,30)	899,05 (±25,98)	487,99 (±10,45)	127,01 (±0,00)	1656,80 (±66,21)	489,55 (±52,01)	974,35 (±0,05)
Gras Getreide GPS	0,02 (±0,00)	0,53 (±0,06)	1,05 (±0,18)	2,25 (±0,96)	0,07 (±0,01)	6,22 (±1,08)	889,97 (±32,57)	460,55 (±57,29)	129,79 (±0,00)	1783,83 (±190,99)	468,82 (±11,30)	869,43 (±0,04)
Mais Gras Getreide	0,02 (±0,00)	0,65 (±0,26)	0,71 (±0,23)	1,32 (±1,12)	0,07 (±0,03)	6,87 (±1,19)	879,33 (±21,48)	494,70 (±23,10)	130,52 (±0,01)	1727,22 (±64,11)	496,35 (±36,18)	945,70 (±0,01)
Mais Gras Getreide GPS	0,03 (±0,01)	1,24 (±0,59)	0,93 (±0,32)	0,90 (±0,57)	0,06 (±0,02)	10,83 (±1,78)	862,25 (±23,50)	465,43 (±28,08)	132,84 (±0,00)	1726,60 (±28,73)	513,20 (±34,91)	984,80 (±0,02)
Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	0,06 (±0,01)	0,37 (±0,12)	0,92 (±0,10)	0,74 (±0,26)	0,13 (±0,05)	10,02 (±1,68)	804,26 (±12,14)	469,59 (±12,97)	142,04 (±0,00)	1641,40 (±39,42)	496,50 (±48,25)	972,51 (±0,02)
NPK	0,11 (±)	1,30 (±)	0,67 (±)	0,94 (±)	0,13 (±)	12,36 (±)	925,68 (±)	513,18 (±)	133,91 (±)	749,96 (±)	288,54 (±)	967,28 (±)

Tabelle 48: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Si- ckerwasser)	DOC (ppm)
Mais Gras GPS Mist	2417,18 (±361,57)	237,79 (±52,99)	109,56 (±0,02)	23,38 (±2,76)	36,35 (±1,52)	12,02 (±1,73)	0,04 (±0,03)	0,63 (±0,33)	13,47 (±8,07)	16,15 (±7,60)
Mais	2601,95 (±554,30)	279,85 (±98,91)	70,84 (±0,02)	24,31 (±1,43)	34,28 (±0,56)	11,55 (±1,57)	0,04 (±0,01)	0,52 (±0,22)	20,99 (±12,08)	32,81 (±23,60)
Gras Getreide GPS	1970,16 (±421,51)	151,95 (±32,38)	129,56 (±0,01)	14,70 (±1,73)	35,36 (±2,31)	11,44 (±0,93)	0,03 (±0,06)	0,56 (±0,09)	9,39 (±1,84)	12,88 (±2,04)
Mais Gras Getreide	2008,87 (±106,48)	189,68 (±8,81)	92,34 (±0,02)	21,93 (±3,40)	36,27 (±3,14)	12,15 (±1,76)	0,05 (±0,03)	1,12 (±0,33)	9,18 (±0,81)	15,80 (±1,49)
Mais Gras Getreide GPS	2209,67 (±110,15)	232,68 (±6,13)	102,03 (±0,01)	23,80 (±2,01)	35,19 (±1,07)	11,47 (±1,06)	0,04 (±0,04)	0,82 (±0,06)	9,55 (±1,45)	15,12 (±1,51)
Mais Gras Getreide Hühnertrockenkot	1987,08 (±243,46)	236,44 (±45,20)	75,03 (±0,02)	17,92 (±1,22)	34,90 (±1,50)	18,72 (±2,39)	0,02 (±0,01)	1,03 (±0,41)	15,57 (±5,03)	18,05 (±7,52)
NPK	2415,48 (±)	187,79 (±)	77,14 (±)	16,18 (±)	27,07 (±)	11,16 (±)	0,00 (±)	0,42 (±)	7,88 (±)	14,50 (±)

Tabelle 49: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	APA ($\mu\text{g p-NP/g}\cdot\text{h}$)	Netto-N ($\mu\text{g/g}\cdot\text{d}$)	C mic./ N mic.	Biomasse Korn (g TS)	Biomasse Stroh (g TS)
Mais Gras GPS Mist	140,82 ($\pm 30,23$)	1,08 ($\pm 0,20$)	289,81 ($\pm 17,35$)	39,95 ($\pm 2,31$)	47,52 ($\pm 2,08$)
Mais	151,44 ($\pm 23,09$)	0,25 ($\pm 0,19$)	281,72 ($\pm 30,82$)	40,52 ($\pm 1,75$)	49,11 ($\pm 0,99$)
Gras Getreide GPS	169,13 ($\pm 3,97$)	0,74 ($\pm 0,50$)	253,13 ($\pm 9,33$)	32,13 ($\pm 1,30$)	42,68 ($\pm 2,64$)
Mais Gras Getreide	147,80 ($\pm 25,49$)	1,07 ($\pm 0,17$)	285,49 ($\pm 25,59$)	36,45 ($\pm 1,16$)	47,58 ($\pm 1,69$)
Mais Gras Getreide GPS	170,97 ($\pm 13,35$)	1,20 ($\pm 0,14$)	258,65 ($\pm 7,20$)	34,89 ($\pm 1,49$)	47,47 ($\pm 1,02$)
Mais Gras Getreide Hühnertrocken- kot	257,74 ($\pm 29,16$)	1,07 ($\pm 0,42$)	262,76 ($\pm 17,07$)	45,28 ($\pm 1,16$)	50,04 ($\pm 0,81$)
NPK	146,34 (\pm)	0,80 (\pm)	177,92 (\pm)	43,46 (\pm)	55,61 (\pm)

Tabelle 50: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Korn	N (%) Korn	C/N- Verhältnis Korn	C (%) Stroh	N (%) Stroh	C/N- Verhältnis Stroh	C _{org} (Gew-%) Boden	C _{org} (Gew-%) Korn	C _{org} (Gew-%) Stroh
Mais	6,73 (±0,12)	0,09 (±0,03)	1,12 (±0,05)	13,90 (±0,87)	44,84 (±0,29)	1,83 (±0,07)	24,55 (±0,81)	46,01 (±0,39)	2,10 (±0,44)	22,59 (±4,33)	1,17 (±0,05)	98,11 (±0,15)	95,06 (±0,78)
Ohne Ko- substrat	6,88 (±0,14)	0,09 (±0,01)	1,13 (±0,06)	13,46 (±1,40)	46,31 (±2,98)	2,69 (±0,25)	17,22 (±0,80)	45,57 (±0,92)	2,97 (±0,68)	15,97 (±3,76)	1,22 (±0,07)	97,65 (±0,57)	93,26 (±1,86)
GPS	6,86 (±0,22)	0,07 (±0,01)	1,12 (±0,07)	15,11 (±0,87)	41,58 (±7,68)	2,28 (±0,37)	18,94 (±4,63)	45,04 (±0,73)	2,42 (±0,61)	19,41 (±4,19)	1,21 (±0,05)	97,99 (±0,48)	94,39 (±0,83)
NPK	5,97 (±)	0,45 (±)	5,34 (±)	14,11 (±)	45,45 (±)	2,24 (±)	20,32 (±)	44,60 (±)	2,02 (±)	25,86 (±)	1,13 (±)	98,04 (±)	95,71 (±)

Tabelle 51: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)
Mais	0,14 (±0,01)	44,46 (±1,88)	10,86 (±0,65)	39,46 (±4,93)	12,62 (±0,64)	63,24 (±0,98)	0,02 (±0,00)	0,94 (±0,89)	1,86 (±0,12)	1,37 (±1,23)	0,07 (±0,03)	26,58 (±1,61)
Ohne Ko- substrat	0,12 (±0,02)	47,13 (±4,40)	10,73 (±1,02)	31,20 (±2,82)	10,91 (±1,41)	66,01 (±3,21)	0,03 (±0,01)	1,95 (±0,27)	3,01 (±0,37)	2,04 (±0,24)	0,05 (±0,01)	46,18 (±13,09)
GPS	0,13 (±0,01)	46,64 (±4,76)	9,92 (±0,27)	20,97 (±1,95)	10,49 (±0,66)	53,65 (±6,74)	0,00 (±0,00)	1,02 (±0,51)	1,16 (±0,14)	1,62 (±1,41)	0,08 (±0,02)	36,49 (±10,06)
NPK	0,14 (±)	50,56 (±)	13,11 (±)	38,25 (±)	12,38 (±)	55,82 (±)	0,06 (±)	1,37 (±)	2,40 (±)	2,04 (±)	0,00 (±)	38,59 (±)

Tabelle 52: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅
	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	Stroh (mg/kg)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Boden TS)	(mg/100g Korn TS)	(mg/100g Korn TS)	(mg/100g Korn TS)
Mais	0,03 (±0,01)	0,80 (±0,16)	0,74 (±0,15)	0,68 (±0,19)	0,06 (±0,01)	6,21 (±1,19)	774,92 (±23,06)	474,25 (±18,24)	131,80 (±0,00)	1683,80 (±10,77)	462,98 (±15,65)	911,80 (±0,04)
Ohne Ko- substrat	0,05 (±0,01)	1,04 (±0,29)	0,90 (±0,23)	1,73 (±0,55)	0,08 (±0,04)	11,84 (±2,04)	1018,33 (±24,66)	441,14 (±17,41)	123,23 (±0,01)	1567,61 (±37,19)	526,18 (±53,76)	1078,99 (±0,07)
GPS	0,03 (±0,01)	0,53 (±0,16)	1,17 (±0,32)	0,62 (±0,06)	0,09 (±0,06)	9,88 (±1,48)	898,28 (±20,48)	404,99 (±77,80)	128,29 (±0,00)	1913,78 (±200,28)	448,19 (±50,33)	1049,64 (±0,17)
NPK	0,11 (±)	1,30 (±)	0,67 (±)	0,94 (±)	0,13 (±)	12,36 (±)	925,68 (±)	513,18 (±)	133,91 (±)	749,96 (±)	288,54 (±)	967,28 (±)

Tabelle 53: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K2O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P2O5 (mg/100g Stroh TS)	CAL-K2O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P2O5 (mg/100g Boden)	NH4-N (mg/100g Boden)	NO3-N (mg/100g Boden)	NO3-N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)
Mais	1721,01 (±279,23)	164,40 (±38,00)	82,46 (±0,01)	13,22 (±1,91)	35,19 (±1,49)	13,02 (±1,60)	0,02 (±0,00)	0,52 (±0,31)	11,69 (±7,59)	17,22 (±7,19)
Ohne Ko- substrat	3250,76 (±757,45)	213,56 (±33,17)	94,81 (±0,02)	13,62 (±2,30)	31,50 (±2,69)	9,97 (±0,61)	-0,01 (±0,02)	1,00 (±0,86)	10,33 (±2,20)	10,83 (±2,60)
GPS	2783,45 (±321,75)	194,07 (±76,08)	153,99 (±0,08)	16,18 (±2,80)	26,20 (±17,47)	13,77 (±2,76)	0,09 (±0,04)	0,47 (±0,47)	13,60 (±5,67)	11,55 (±2,17)
NPK	2415,48 (±)	187,79 (±)	77,14 (±)	16,18 (±)	27,07 (±)	11,16 (±)	0,00 (±)	0,42 (±)	7,88 (±)	14,50 (±)

Tabelle 54: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse des Winterweizens 2006 (Termin 3) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	APA ($\mu\text{g p-NP/g}\cdot\text{h}$)	Netto-N ($\mu\text{g/g}\cdot\text{d}$)	C mic./ N mic.	Biomasse Korn (g TS)	Biomasse Stroh (g TS)
Mais	219,90 ($\pm 37,72$)	0,31 ($\pm 0,62$)	235,16 ($\pm 16,62$)	38,45 ($\pm 2,52$)	46,76 ($\pm 0,88$)
Ohne Ko- substrat	232,12 ($\pm 7,82$)	0,77 ($\pm 0,45$)	246,87 ($\pm 31,18$)	37,83 ($\pm 4,35$)	47,88 ($\pm 7,03$)
GPS	183,23 ($\pm 36,17$)	0,58 ($\pm 0,44$)	234,33 ($\pm 27,03$)	17,21 ($\pm 7,68$)	32,75 ($\pm 1,72$)
NPK	146,34 (\pm)	0,80 (\pm)	177,92 (\pm)	43,46 (\pm)	55,61 (\pm)

Tabelle 55: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Korn	N (%) Korn	C/N- Verhältnis Korn	C (%) Stroh	N (%) Stroh	C/N- Verhältnis Stroh	C _{org} (Gew-%) Boden	C _{org} (Gew-%) Korn	C _{org} (Gew-%) Stroh
Mais Mist Grünroggen	6,50 (±0,19)	1,12 (±0,06)	0,08 (±0,00)	14,09 (±0,54)	45,96 (±0,32)	2,70 (±0,17)	17,07 (±1,17)	43,14 (±0,69)	3,87 (±0,06)	11,14 (±0,00)	1,02 (±0,02)	97,78 (±0,33)	91,64 (±0,76)
Mais Mist	6,35 (±0,03)	1,12 (±0,11)	0,08 (±0,01)	14,52 (±0,55)	45,18 (±0,66)	2,42 (±0,46)	19,24 (±3,79)	42,52 (±0,35)	3,82 (±0,03)	11,14 (±0,00)	1,07 (±0,07)	98,11 (±0,27)	90,55 (±3,29)
Mais Gras Getreide Mist	6,29 (±0,13)	1,42 (±0,58)	0,11 (±0,05)	13,39 (±0,97)	45,67 (±0,13)	2,23 (±0,28)	20,71 (±2,70)	42,16 (±0,64)	3,78 (±0,06)	11,14 (±0,00)	1,11 (±0,03)	98,24 (±0,27)	92,57 (±0,87)
NPK	5,97 (±)	1,03 (±)	0,09 (±)	11,14 (±)	45,06 (±)	1,91 (±)	23,73 (±)	42,96 (±)	3,86 (±)	11,14 (±)	0,99 (±)	97,91 (±)	90,33 (±)

Tabelle 56: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)
Mais Mist Grünroggen	0,16 (±0,00)	42,85 (±1,39)	13,86 (±0,24)	25,81 (±3,29)	15,44 (±0,98)	54,04 (±1,01)	0,00 (±0,00)	0,26 (±0,08)	1,18 (±0,25)	0,24 (±0,06)	0,01 (±0,02)	24,06 (±2,28)
Mais Mist	0,16 (±0,01)	43,05 (±2,95)	13,08 (±0,49)	24,20 (±3,22)	15,36 (±1,03)	52,61 (±3,15)	0,00 (±0,00)	0,22 (±0,09)	1,25 (±0,39)	0,18 (±0,08)	0,06 (±0,06)	25,64 (±4,60)
Mais Gras Getreide Mist	0,16 (±0,01)	41,56 (±8,65)	13,14 (±0,16)	25,03 (±0,88)	16,18 (±0,68)	55,75 (±2,54)	0,00 (±0,00)	0,28 (±0,18)	1,65 (±0,28)	0,14 (±0,01)	0,00 (±0,00)	26,61 (±4,53)
NPK	0,15 (±)	48,26 (±)	12,20 (±)	23,66 (±)	15,58 (±)	51,73 (±)	0,01 (±)	0,35 (±)	1,24 (±)	0,34 (±)	0,01 (±)	23,32 (±)

Tabelle 57: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Stroh (mg/kg)	Cr Stroh (mg/kg)	Cu Stroh (mg/kg)	Ni Stroh (mg/kg)	Pb Stroh (mg/kg)	Zn Stroh (ppb)	K₂O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P₂O₅ (mg/100g Boden TS)	K₂O (mg/100g Korn TS)	MgO (mg/100g Korn TS)	P₂O₅ (mg/100g Korn TS)
Mais Mist Grünroggen	0,08 (±0,03)	0,87 (±0,17)	3,38 (±0,87)	0,59 (±0,03)	0,09 (±0,02)	17,82 (±4,54)	757,28 (±129,06)	456,36 (±78,34)	123,98 (±0,00)	1207,43 (±112,12)	152,60 (±8,63)	764,87 (±0,10)
Mais Mist	0,08 (±0,03)	0,63 (±0,32)	2,93 (±0,76)	0,68 (±0,12)	0,12 (±0,03)	21,44 (±2,33)	788,05 (±8,23)	462,66 (±34,83)	122,44 (±0,00)	1169,15 (±114,07)	152,67 (±19,42)	915,27 (±0,08)
Mais Gras Getreide Mist	0,10 (±0,07)	0,53 (±0,15)	2,70 (±1,47)	0,76 (±0,19)	0,08 (±0,02)	18,49 (±6,53)	797,02 (±30,37)	471,12 (±17,09)	121,07 (±0,00)	1127,81 (±178,33)	168,03 (±15,42)	860,94 (±0,16)
NPK	0,16 (±)	0,78 (±)	3,02 (±)	1,16 (±)	0,18 (±)	25,08 (±)	828,54 (±)	485,96 (±)	129,25 (±)	1022,27 (±)	167,04 (±)	789,36 (±)

Tabelle 58: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Si- ckerwasser)	DOC (ppm)
Mais Mist Grünroggen	3806,38 (±211,64)	264,51 (±52,19)	401,65 (±0,12)	16,87 (±1,46)	32,93 (±1,73)	10,42 (±0,53)	-0,02 (±0,01)	1,45 (±0,24)	11,18 (±1,64)	14,02 (±2,99)
Mais Mist	3682,32 (±81,58)	295,35 (±63,88)	439,29 (±0,13)	19,22 (±2,09)	32,05 (±1,37)	11,32 (±1,93)	-0,02 (±0,00)	1,65 (±0,26)	12,45 (±4,84)	18,61 (±1,63)
Mais Gras Getreide Mist	3816,38 (±120,32)	247,93 (±50,37)	380,65 (±0,14)	17,71 (±2,46)	35,90 (±6,23)	11,21 (±0,37)	-0,02 (±0,00)	2,00 (±0,40)	15,96 (±4,96)	22,81 (±8,00)
NPK	4421,13 (±)	290,93 (±)	434,45 (±)	13,68 (±)	31,59 (±)	11,38 (±)	-0,02 (±)	1,55 (±)	10,42 (±)	19,51 (±)

Tabelle 59: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Mischgülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	APA ($\mu\text{g p-NP/g}^*\text{h}$)	Netto-N ($\mu\text{g/g}^*\text{d}$)	C mic./ N mic.	Biomasse Korn (g TS)	Biomasse Stroh (g TS)
Mais Mist Grünroggen	171,66 ($\pm 10,90$)	0,00 ($\pm 0,00$)	6,72 ($\pm 1,18$)	6,65 ($\pm 5,25$)	16,07 ($\pm 3,61$)
Mais Mist	171,50 ($\pm 9,26$)	-0,03 ($\pm 0,06$)	6,55 ($\pm 0,55$)	7,06 ($\pm 4,44$)	14,71 ($\pm 0,68$)
Mais Gras Getreide Mist	179,48 ($\pm 17,71$)	0,00 ($\pm 0,00$)	5,69 ($\pm 0,88$)	14,72 ($\pm 2,03$)	15,32 ($\pm 2,18$)
NPK	196,15 (\pm)	-0,02 (\pm)	8,18 (\pm)	15,66 (\pm)	16,10 (\pm)

Tabelle 60: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Korn	N (%) Korn	C/N- Verhältnis Korn	C (%) Stroh	N (%) Stroh	C/N- Verhältnis Stroh	C _{org} (Gew-%) Boden	C _{org} (Gew-%) Korn	C _{org} (Gew-%) Stroh
Mais Gras Mist Püree	6,31 (±0,13)	1,10 (±0,06)	0,09 (±0,00)	11,94 (±0,32)	45,81 (±1,29)	1,91 (±0,19)	24,11 (±2,10)	41,12 (±0,56)	3,69 (±0,05)	11,14 (±0,00)	1,08 (±0,05)	98,27 (±0,26)	91,07 (±1,14)
Mais	6,36 (±0,06)	1,15 (±0,06)	0,10 (±0,01)	11,88 (±0,59)	48,05 (±5,85)	2,63 (±0,63)	18,88 (±3,46)	41,87 (±0,59)	3,76 (±0,05)	11,14 (±0,00)	1,07 (±0,04)	97,69 (±0,38)	91,38 (±1,09)
Mais Getreide	6,24 (±0,03)	1,12 (±0,06)	0,10 (±0,01)	11,14 (±0,03)	46,82 (±5,66)	2,56 (±1,20)	19,18 (±5,54)	40,91 (±1,33)	3,67 (±0,12)	11,14 (±0,00)	1,06 (±0,07)	98,07 (±0,60)	92,51 (±1,09)
Mais Getreide	6,38 (±0,07)	1,08 (±0,08)	0,10 (±0,01)	11,16 (±0,03)	61,54 (±16,21)	2,98 (±0,74)	21,13 (±2,39)	41,18 (±0,64)	3,70 (±0,06)	11,14 (±0,00)	1,23 (±0,31)	98,17 (±0,53)	92,23 (±1,40)
Mais Gras	6,41 (±0,06)	1,21 (±0,13)	0,11 (±0,01)	11,15 (±0,03)	45,58 (±0,15)	2,58 (±0,44)	18,09 (±3,15)	41,54 (±0,50)	3,73 (±0,05)	11,14 (±0,00)	1,09 (±0,05)	98,25 (±0,15)	91,52 (±0,93)
Mais Gras Getreide	6,24 (±0,05)	1,10 (±0,09)	0,10 (±0,01)	11,14 (±0,03)	46,26 (±1,88)	3,09 (±0,23)	15,02 (±1,32)	40,41 (±3,69)	3,63 (±0,33)	11,14 (±0,00)	1,10 (±0,07)	98,17 (±0,33)	87,97 (±5,89)
NPK	5,97 (±)	1,03 (±)	0,09 (±)	11,14 (±)	45,06 (±)	1,91 (±)	23,73 (±)	42,96 (±)	3,86 (±)	11,14 (±)	0,99 (±)	97,91 (±)	90,33 (±)

Tabelle 61: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)
Mais Gras Mist Püree	0,18 (±0,01)	28,44 (±2,08)	13,41 (±1,26)	21,39 (±1,89)	17,76 (±0,45)	57,43 (±4,44)	0,00 (±0,00)	0,20 (±0,09)	1,49 (±0,16)	0,17 (±0,03)	0,00 (±0,00)	28,06 (±6,80)
Mais	0,17 (±0,03)	45,85 (±6,88)	11,54 (±1,74)	19,17 (±3,22)	15,21 (±1,62)	53,16 (±4,07)	0,00 (±0,00)	0,31 (±0,26)	1,62 (±0,33)	0,31 (±0,18)	0,01 (±0,01)	23,27 (±4,92)
Mais Getreide	0,15 (±0,02)	28,69 (±2,23)	9,99 (±0,38)	16,61 (±1,05)	12,77 (±0,85)	50,55 (±3,31)	0,00 (±0,01)	0,21 (±0,02)	1,72 (±0,49)	0,17 (±0,04)	0,01 (±0,02)	24,42 (±4,93)
Mais Getreide	0,16 (±0,01)	31,26 (±4,23)	9,64 (±0,27)	18,01 (±2,48)	14,17 (±1,40)	48,85 (±1,53)	0,00 (±0,00)	0,37 (±0,13)	1,21 (±0,12)	0,26 (±0,09)	0,01 (±0,03)	18,45 (±0,56)
Mais Gras	0,16 (±0,00)	32,36 (±2,10)	9,87 (±0,27)	15,95 (±0,97)	16,02 (±0,97)	49,83 (±2,07)	0,00 (±0,66)	0,28 (±0,08)	1,07 (±0,13)	0,22 (±0,13)	0,00 (±0,00)	22,10 (±3,41)
Mais Gras Getreide	0,15 (±0,01)	24,87 (±7,67)	9,58 (±0,56)	16,36 (±1,50)	14,98 (±0,56)	49,96 (±2,82)	0,00 (±0,01)	0,30 (±0,13)	2,04 (±0,47)	0,33 (±0,13)	0,02 (±0,03)	31,10 (±5,36)
NPK	0,15 (±)	48,26 (±)	12,20 (±)	23,66 (±)	15,58 (±)	51,73 (±)	0,01 (±)	0,35 (±)	1,24 (±)	0,34 (±)	0,01 (±)	23,32 (±)

Tabelle 62: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Stroh (mg/kg)	Cr Stroh (mg/kg)	Cu Stroh (mg/kg)	Ni Stroh (mg/kg)	Pb Stroh (mg/kg)	Zn Stroh (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Korn TS)	MgO (mg/100g Korn TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Korn TS)
Mais Gras Mist Püree	0,10 (±0,01)	0,56 (±0,14)	2,26 (±0,31)	1,02 (±0,29)	0,11 (±0,04)	25,04 (±1,93)	759,55 (±57,12)	461,23 (±28,09)	124,64 (±0,00)	1114,54 (±100,24)	201,23 (±9,35)	854,35 (±0,04)
Mais	0,13 (±0,03)	0,58 (±0,16)	2,34 (±0,41)	1,06 (±0,50)	0,11 (±0,02)	16,93 (±3,07)	846,36 (±141,25)	422,66 (±46,92)	118,89 (±0,01)	1090,08 (±185,02)	217,06 (±40,22)	797,92 (±0,04)
Mais Getreide	0,08 (±0,03)	0,42 (±0,17)	1,56 (±0,35)	0,59 (±0,26)	0,12 (±0,01)	16,79 (±1,99)	1103,84 (±89,57)	503,15 (±13,97)	122,95 (±0,01)	929,22 (±153,55)	273,18 (±10,57)	856,86 (±0,10)
Mais Getreide	0,08 (±0,01)	0,35 (±0,04)	2,73 (±0,37)	0,41 (±0,08)	0,21 (±0,08)	18,29 (±4,15)	1069,30 (±42,96)	499,65 (±15,96)	124,05 (±0,00)	989,99 (±70,20)	231,02 (±6,65)	934,70 (±0,03)
Mais Gras	0,11 (±0,05)	0,42 (±0,33)	2,46 (±0,43)	0,53 (±0,08)	0,12 (±0,02)	22,94 (±3,50)	1142,24 (±174,08)	462,90 (±11,28)	118,82 (±0,01)	966,44 (±64,10)	231,26 (±22,53)	891,25 (±0,12)
Mais Gras Getreide	0,16 (±0,03)	0,38 (±0,06)	2,29 (±1,10)	0,34 (±0,16)	0,50 (±0,78)	18,83 (±5,84)	963,01 (±36,40)	427,46 (±19,51)	124,54 (±0,01)	832,65 (±109,32)	251,80 (±9,04)	784,99 (±0,09)
NPK	0,16 (±)	0,78 (±)	3,02 (±)	1,16 (±)	0,18 (±)	25,08 (±)	828,54 (±)	485,96 (±)	129,25 (±)	1022,27 (±)	167,04 (±)	789,36 (±)

Tabelle 63: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)
Mais Gras Mist Püree	3876,46 (±282,47)	357,81 (±110,31)	454,74 (±0,09)	13,07 (±1,72)	35,78 (±0,89)	11,65 (±0,64)	-0,02 (±0,00)	1,85 (±0,40)	13,96 (±5,52)	18,34 (±3,43)
Mais	4354,82 (±581,13)	284,29 (±22,02)	347,53 (±0,05)	20,00 (±1,19)	37,95 (±1,83)	11,20 (±0,58)	-0,02 (±0,00)	2,04 (±0,17)	14,99 (±1,24)	16,85 (±3,61)
Mais Getreide	4692,36 (±646,76)	317,60 (±34,91)	329,51 (±0,10)	15,67 (±5,54)	35,80 (±2,15)	13,47 (±3,18)	-0,02 (±0,00)	2,12 (±0,40)	13,69 (±2,57)	16,31 (±3,90)
Mais Getreide	4124,24 (±216,20)	282,87 (±39,48)	460,32 (±0,03)	17,77 (±2,04)	37,52 (±3,27)	12,18 (±0,89)	-0,02 (±0,01)	2,01 (±0,47)	8,14 (±2,01)	19,98 (±7,17)
Mais Gras	4671,65 (±306,45)	254,20 (±19,68)	445,53 (±0,07)	20,76 (±4,67)	38,66 (±0,59)	11,80 (±1,38)	-0,02 (±0,01)	1,92 (±0,57)	8,35 (±3,14)	17,94 (±3,76)
Mais Gras Getreide	4696,33 (±658,19)	334,33 (±34,50)	283,43 (±0,09)	13,26 (±2,44)	33,92 (±1,72)	12,53 (±1,13)	-0,03 (±0,01)	1,67 (±1,02)	31,79 (±27,93)	15,53 (±4,83)
NPK	4421,13 (±)	290,93 (±)	434,45 (±)	13,68 (±)	31,59 (±)	11,38 (±)	-0,02 (±)	1,55 (±)	10,42 (±)	19,51 (±)

Tabelle 64: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Rindergülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	APA (µg p- NP/g*h)	Netto-N (µg/g*d)	C mic./ N mic.	Biomasse Korn (g TS)	Biomasse Stroh (g TS)
Mais Gras Mist Püree	180,17 (±14,27)	0,00 (±0,00)	7,48 (±1,98)	13,14 (±3,45)	16,34 (±1,07)
Mais	188,12 (±37,10)	0,00 (±0,00)	6,70 (±0,99)	14,36 (±4,32)	16,56 (±1,35)
Mais Getreide	212,81 (±27,39)	0,00 (±0,00)	56,62 (±83,96)	12,24 (±5,60)	16,39 (±2,93)
Mais Getreide	177,30 (±12,39)	0,00 (±0,00)	7,09 (±0,63)	7,48 (±0,64)	12,58 (±0,41)
Mais Gras	165,22 (±9,43)	0,00 (±0,00)	1,28 (±9,45)	6,06 (±6,34)	14,04 (±1,09)
Mais Gras Getreide	206,62 (±21,00)	0,90 (±1,04)	9,62 (±6,83)	16,15 (±4,47)	20,98 (±0,95)
NPK	196,15 (±)	-0,02 (±)	8,18 (±)	15,66 (±)	16,10 (±)

Tabelle 65: Mittelwerte der pH Werte, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte sowie C/N Verhältnisse und C_{org} Gehalte des Bodens, Strohs, und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	pH-Wert Boden	C (%) Boden	N (%) Boden	C/N- Verhältnis Boden	C (%) Korn	N (%) Korn	C/N- Verhältnis Korn	C (%) Stroh	N (%) Stroh	C/N- Verhältnis Stroh	C _{org} (Gew-%) Boden	C _{org} (Gew-%) Korn	C _{org} (Gew-%) Stroh
Mais Mist	6,27 (±0,04)	1,05 (±0,06)	0,09 (±0,00)	11,15 (±0,02)	45,48 (±0,41)	2,62 (±0,70)	18,35 (±4,94)	43,24 (±0,54)	3,88 (±0,05)	11,14 (±0,00)	1,06 (±0,03)	97,57 (±0,36)	91,59 (±0,55)
Ohne Ko- substrat	6,26 (±0,11)	1,10 (±0,04)	0,10 (±0,00)	11,15 (±0,02)	45,39 (±0,37)	2,62 (±0,24)	17,44 (±1,37)	42,21 (±0,60)	3,79 (±0,05)	11,14 (±0,00)	1,08 (±0,03)	97,61 (±0,32)	90,16 (±0,99)
Mais Getreide	6,36 (±0,09)	1,06 (±0,04)	0,10 (±0,00)	11,16 (±0,02)	46,17 (±0,95)	2,88 (±0,56)	16,63 (±4,03)	43,13 (±0,39)	3,87 (±0,03)	11,14 (±0,00)	1,07 (±0,01)	97,53 (±0,29)	91,07 (±0,81)
NPK	5,97 (±)	1,03 (±)	0,09 (±)	11,14 (±)	45,06 (±)	1,91 (±)	23,73 (±)	42,96 (±)	3,86 (±)	11,14 (±)	0,99 (±)	97,91 (±)	90,33 (±)

Tabelle 66: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Boden (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)	Korn (mg/kg)
Mais Mist	0,16 (±0,01)	18,64 (±0,46)	9,18 (±0,30)	15,77 (±1,27)	15,54 (±0,77)	54,74 (±3,04)	0,02 (±0,01)	0,42 (±0,22)	1,54 (±0,33)	0,43 (±0,19)	0,00 (±0,00)	24,44 (±3,77)
Ohne Ko- substat	0,14 (±0,02)	18,73 (±0,62)	10,81 (±0,48)	15,82 (±1,42)	13,17 (±2,21)	55,44 (±3,57)	0,00 (±0,00)	0,17 (±0,04)	1,81 (±0,47)	0,23 (±0,12)	0,00 (±0,00)	30,83 (±4,90)
Mais Getrei- de	0,16 (±0,01)	18,44 (±0,72)	11,52 (±1,68)	15,57 (±0,51)	11,31 (±0,34)	52,96 (±2,16)	0,00 (±0,00)	0,91 (±1,47)	0,99 (±0,21)	0,67 (±0,83)	0,15 (±0,27)	28,00 (±3,26)
NPK	0,15 (±)	48,26 (±)	12,20 (±)	23,66 (±)	15,58 (±)	51,73 (±)	0,01 (±)	0,35 (±)	1,24 (±)	0,34 (±)	0,01 (±)	23,32 (±)

Tabelle 67: Mittelwerte der Cadmium-, Chrom-, Kupfer-, Nickel-, Blei- und Zinkgehalte des Strohs und Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Bodens und des Kornes der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	Cd Stroh (mg/kg)	Cr Stroh (mg/kg)	Cu Stroh (mg/kg)	Ni Stroh (mg/kg)	Pb Stroh (mg/kg)	Zn Stroh (mg/kg)	K ₂ O (mg/100g Boden TS)	MgO (mg/100g Boden TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Boden TS)	K ₂ O (mg/100g Korn TS)	MgO (mg/100g Korn TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Korn TS)
Mais Mist	0,11 (±0,03)	0,35 (±0,04)	2,24 (±0,83)	0,34 (±0,05)	0,10 (±0,02)	19,39 (±7,88)	896,00 (±48,59)	393,95 (±22,67)	124,27 (±0,00)	939,01 (±140,83)	243,19 (±8,87)	883,90 (±0,09)
Ohne Ko- substrat	0,11 (±0,02)	0,42 (±0,33)	1,30 (±0,38)	0,30 (±0,19)	0,30 (±0,12)	12,44 (±2,34)	1015,68 (±32,21)	504,30 (±23,24)	124,15 (±0,00)	815,65 (±57,00)	243,29 (±5,44)	714,04 (±0,04)
Mais Getrei- de	0,11 (±0,02)	0,38 (±0,06)	2,57 (±0,74)	0,33 (±0,03)	0,31 (±0,32)	23,41 (±4,83)	1012,63 (±36,29)	492,49 (±14,81)	119,04 (±0,01)	1009,75 (±133,90)	220,05 (±17,41)	960,47 (±0,17)
NPK	0,16 (±)	0,78 (±)	3,02 (±)	1,16 (±)	0,18 (±)	25,08 (±)	828,54 (±)	485,96 (±)	129,25 (±)	1022,27 (±)	167,04 (±)	789,36 (±)

Tabelle 68: Mittelwerte der Kalium-, Magnesium-, und Phosphorgehalte des Strohs, CAL-Kalium-, CAL-Magnesium-, und CAL-Phosphorgehalte, sowie Ammonium- und Nitratgehalte des Bodens, Nitrat- und DOC-Gehalte des Sickerwassers der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	K ₂ O (mg/100g Stroh TS)	MgO (mg/100g Stroh TS)	P ₂ O ₅ (mg/100g Stroh TS)	CAL-K ₂ O (mg/100g Boden)	CAL-MgO (mg/100g Boden)	CAL-P ₂ O ₅ (mg/100g Boden)	NH ₄ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/100g Boden)	NO ₃ -N (mg/L Sickerwasser)	DOC (ppm)
Mais Mist	4686,92 (±170,25)	312,92 (±79,31)	428,39 (±0,11)	14,85 (±1,22)	36,48 (±1,91)	11,86 (±1,25)	-0,03 (±0,01)	1,99 (±0,58)	11,73 (±3,68)	14,68 (±2,79)
Ohne Ko- substrat	6271,17 (±234,56)	239,00 (±3,35)	160,62 (±0,05)	11,36 (±1,71)	36,39 (±0,80)	11,80 (±0,45)	-0,03 (±0,01)	3,07 (±0,81)	23,36 (±10,39)	13,37 (±1,99)
Mais Getrei- de	5573,70 (±345,82)	326,13 (±31,81)	561,03 (±0,11)	15,70 (±3,23)	37,27 (±2,98)	11,42 (±1,53)	-0,03 (±0,00)	1,71 (±0,39)	12,13 (±2,89)	21,64 (±5,82)
NPK	4421,13 (±)	290,93 (±)	434,45 (±)	13,68 (±)	31,59 (±)	11,38 (±)	-0,02 (±)	1,55 (±)	10,42 (±)	19,51 (±)

Tabelle 69: Mittelwerte der alkalischen Phosphataseaktivität, Stickstoffmineralisationsrate, und Cmic/Nmic Verhältnis des Bodens, sowie Biomasse der Sommergerste 2006 (Termin 4) gedüngt mit Gärsubstrat aus Schweinegülle; signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen sind grau hinterlegt (n=4, p>0,05; Nemenyi-Test)

Kombination	APA ($\mu\text{g p-NP/g}\cdot\text{h}$)	Netto-N ($\mu\text{g/g}\cdot\text{d}$)	C mic./ N mic.	Biomasse Korn (g TS)	Biomasse Stroh (g TS)
Mais Mist	199,86 ($\pm 22,53$)	0,00 ($\pm 0,00$)	7,11 ($\pm 1,30$)	12,94 ($\pm 6,98$)	15,92 ($\pm 1,70$)
Ohne Ko- substrat	200,51 ($\pm 30,26$)	0,08 ($\pm 0,17$)	7,73 ($\pm 0,81$)	17,96 ($\pm 2,93$)	18,78 ($\pm 0,96$)
Mais Getrei- de	180,92 ($\pm 8,29$)	0,00 ($\pm 0,00$)	7,01 ($\pm 3,12$)	6,03 ($\pm 4,27$)	13,73 ($\pm 2,37$)
NPK	196,15 (\pm)	-0,02 (\pm)	8,18 (\pm)	15,66 (\pm)	16,10 (\pm)

Tabelle 70: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten (nicht analysierte Proben sind mit N.A. gekennzeichnet)

Variante	NAWARO	C (%)	Fracht C (t)	N (%)	Fracht N (t)	C/N	C _{-org} (%)	Fracht C _{-org} (t)	Pb (mg/kg)	Fracht Pb (g)	Cu (mg/kg)	Fracht Cu (g)	Cd (mg/kg)	Fracht Cd (g)	Ni (mg/kg)	Fracht Ni (g)
101	Mais	45,20	0,90	1,17	0,02	38,48	N.A.	N.A.	0,12	0,24	8,56	17,12	0,06	0,12	1,04	2,07
101	Mist Rind	41,63	1,67	1,59	0,06	26,18	N.A.	N.A.	0,86	3,43	21,16	84,63	0,13	0,51	6,14	24,56
201	Mais	45,33	2,27	1,19	0,06	38,12	N.A.	N.A.	0,08	0,41	9,62	48,12	0,05	0,25	1,10	5,48
201	Gras	46,29	1,39	2,43	0,07	19,07	N.A.	N.A.	0,32	0,95	18,68	56,05	0,05	0,15	3,54	10,61
201	Mist Rind	39,29	4,71	1,78	0,21	22,06	N.A.	N.A.	0,99	11,90	43,32	519,82	0,12	1,49	8,80	105,58
301	Mais	45,52	0,68	1,36	0,02	33,41	N.A.	N.A.	0,12	0,18	15,55	23,32	0,02	0,03	1,31	1,96
301	Gras	40,90	0,74	2,28	0,04	17,92	N.A.	N.A.	0,86	1,54	14,44	26,00	0,07	0,13	6,44	11,59
301	Getreide	43,88	0,57	1,98	0,03	22,19	N.A.	N.A.	0,08	0,11	11,95	15,53	0,03	0,04	2,09	2,71
301	Mist Rind	40,75	0,41	2,28	0,02	17,88	N.A.	N.A.	0,78	0,78	64,04	64,04	0,18	0,18	8,32	8,32
401	Mais	46,20	0,92	1,17	0,02	39,53	N.A.	N.A.	0,08	0,15	13,76	27,53	0,04	0,08	1,37	2,74
401	Gras	44,03	0,22	1,78	0,01	24,67	N.A.	N.A.	0,23	0,11	73,90	36,95	0,06	0,03	1,47	0,73
401	Mist Schwein	36,11	0,22	2,30	0,01	15,72	N.A.	N.A.	0,44	0,27	47,26	28,35	0,25	0,15	9,56	5,74
501	Mais	45,18	0,90	1,07	0,02	42,06	N.A.	N.A.	0,10	0,20	10,32	20,64	0,03	0,06	1,93	3,86
601	Mais	45,38	0,91	1,13	0,02	40,06	N.A.	N.A.	0,11	0,23	12,03	24,05	0,06	0,13	0,93	1,85
601	Gras	44,06	0,26	3,14	0,02	14,02	N.A.	N.A.	0,28	0,17	24,82	14,89	0,06	0,03	4,59	2,75
701	Mais	45,99	3,68	1,08	0,09	42,75	N.A.	N.A.	0,12	0,92	26,41	211,28	0,07	0,53	1,43	11,47
701	Getreide	42,85	0,26	1,76	0,01	24,39	N.A.	N.A.	0,15	0,09	13,99	8,40	0,01	0,01	3,25	1,95
1001	Mais	45,44	2,27	1,11	0,06	40,96	N.A.	N.A.	0,11	0,55	18,93	94,64	0,09	0,45	1,13	5,65
1201	Mais	45,95	3,68	1,09	0,09	42,18	N.A.	N.A.	0,10	0,77	26,01	208,05	0,03	0,23	0,81	6,51
1201	Getreide	43,96	0,44	2,14	0,02	20,55	N.A.	N.A.	0,05	0,05	30,25	30,25	0,02	0,02	1,20	1,20

Tabelle 71: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	C (%)	Fracht C (t)	N (%)	Fracht N (t)	C/N	C-org (%)	Fracht C-org (t)	Pb (mg/kg)	Fracht Pb (g)	Cu (mg/kg)	Fracht Cu (g)	Cd (mg/kg)	Fracht Cd (g)	Ni (mg/kg)	Fracht Ni (g)
102	Mais	46,29	1,39	1,24	0,04	37,45	95,31	1,32	1,24	3,72	5,37	16,12	0,06	0,19	1,04	3,13
102	GPS	44,38	1,33	2,13	0,06	20,80	89,99	1,20	1,30	3,90	7,88	23,65	0,07	0,22	0,80	2,40
202	Mais	48,04	6,73	1,00	0,14	47,95	96,49	6,49	0,42	5,82	5,21	72,96	0,05	0,65	1,04	14,60
202	Gras	43,62	6,98	2,55	0,41	17,09	89,34	6,24	0,80	12,81	9,54	152,63	0,02	0,36	4,59	73,46
302	Mais	46,79	0,47	1,82	0,02	25,71	94,12	0,44	0,08	0,08	5,48	5,48	0,06	0,06	1,04	1,04
302	Gras	46,59	1,40	2,56	0,08	25,71	90,81	1,27	0,67	2,01	8,72	26,15	0,02	0,05	0,24	0,73
302	Getreide	44,29	0,58	1,79	0,02	24,70	97,30	0,56	0,08	0,11	4,40	5,72	0,03	0,04	0,71	0,93
302	Mist Rind	30,67	0,31	1,80	0,02	17,07	61,79	0,19	13,06	13,06	436,35	436,35	0,09	0,09	21,45	21,45
402	Mais	46,89	0,47	1,34	0,01	34,97	96,79	0,45	0,91	0,91	2,95	2,95	0,06	0,06	1,04	1,04
402	Gras	45,74	0,46	2,73	0,03	16,74	88,74	0,41	0,61	0,61	10,32	10,32	0,33	0,33	2,40	2,40
402	Mist Schwein	36,11	0,18	2,30	0,01	15,72	63,45	0,11	4,41	2,21	79,69	39,85	0,12	0,06	4,17	2,08
402	GPS	46,99	0,47	1,13	0,01	41,44	95,11	0,45	1,22	1,22	1,71	1,71	0,38	0,38	0,06	0,06
502	Mais	45,77	0,92	0,99	0,02	46,18	95,89	0,88	0,81	1,62	2,34	4,69	0,04	0,07	1,01	2,02
602	Gras	44,06	0,22	3,14	0,02	14,02	88,74	0,20	0,57	0,28	10,32	5,16	0,24	0,12	3,80	1,90
602	Getreide	44,96	0,13	2,11	0,01	21,29	98,13	0,13	0,23	0,07	4,59	1,38	0,05	0,01	0,71	0,21
602	GPS	45,55	1,37	1,41	0,04	32,23	91,91	1,26	0,57	1,70	7,24	21,73	0,05	0,16	0,43	1,28
702	Mais	46,38	1,86	1,39	0,06	33,49	96,95	1,80	1,50	6,02	2,26	9,05	0,07	0,29	1,04	4,17
702	Gras	44,23	0,22	1,68	0,01	26,41	89,68	0,20	0,57	0,28	5,51	2,75	0,10	0,05	2,16	1,08

Tabelle 72: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	C (%)	Fracht C (t)	N (%)	Fracht N (t)	C/N	C ^{-org} (%)	Fracht C ^{-org} (t)	Pb (mg/kg)	Fracht Pb (g)	Cu (mg/kg)	Fracht Cu (g)	Cd (mg/kg)	Fracht Cd (g)	Ni (mg/kg)	Fracht Ni (g)
802	Mais	45,97	1,84	1,21	0,05	38,02	96,58	1,78	0,72	2,89	2,44	9,74	0,03	0,12	0,57	2,30
802	Gras	44,09	1,10	2,25	0,06	19,62	88,74	0,98	1,97	4,92	7,02	17,54	0,06	0,16	3,80	9,50
802	Getreide	44,59	0,98	2,41	0,05	18,48	97,68	0,96	1,61	3,55	3,23	7,11	0,01	0,03	0,71	1,57
802	GPS	46,78	0,94	1,95	0,04	23,99	95,15	0,89	1,97	3,94	1,98	3,96	0,03	0,07	0,43	0,85
902	Mais	45,83	4,58	2,66	0,27	17,24	93,42	4,28	0,72	7,23	11,63	116,28	0,13	1,35	0,60	6,01
902	Gras	42,26	1,69	3,69	0,15	11,45	85,58	1,45	2,36	9,46	20,45	81,79	0,29	1,14	3,84	15,36
902	Getreide	44,76	0,90	2,08	0,04	21,57	97,70	0,87	0,37	0,73	3,22	6,43	0,01	0,03	0,71	1,43
902	Hühnertrockenkot	35,64	2,49	4,68	0,33	7,61	74,72	1,86	1,80	12,62	58,84	411,87	0,08	0,59	3,56	24,95
1002	Mais	46,08	2,30	1,10	0,06	41,82	96,74	2,23	0,30	1,51	3,64	18,19	0,13	0,67	0,60	3,01
1202	GPS	45,19	5,42	1,48	0,18	30,53	91,49	4,96	0,25	2,95	4,74	56,83	0,02	0,26	0,52	6,23

Tabelle 73: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	C (%)	Fracht C (t)	N (%)	Fracht N (t)	C/N	C _{org} (%)	Fracht C _{org} (t)	Pb (mg/kg)	Fracht Pb (g)	Cu (mg/kg)	Fracht Cu (g)	Cd (mg/kg)	Fracht Cd (g)	Ni (mg/kg)	Fracht Ni (g)
103	Mais	46,99	0,94	1,20	0,02	39,01	96,91	0,91	0,00	0,00	8,28	16,56	0,14	0,29	1,52	3,05
103	Mist Rind	44,54	0,89	1,69	0,03	26,39	85,79	0,76	0,77	1,55	26,76	53,52	0,10	0,20	2,61	5,23
103	GPS	46,83	0,94	1,36	0,03	34,51	92,63	0,87	0,02	0,03	2,41	4,82	0,01	0,01	0,18	0,35
203	Mais	47,24	9,92	1,01	0,21	46,64	95,45	9,47	0,00	0,00	3,81	79,99	0,05	0,99	0,28	5,89
203	Mist Rind	42,59	7,24	1,97	0,33	21,62	79,20	5,73	1,72	29,20	13,46	228,74	0,15	2,62	4,18	71,05
303	Mais	47,41	1,42	1,03	0,03	46,00	95,77	1,36	0,00	0,00	3,12	9,35	0,06	0,17	1,52	4,57
303	Gras	48,66	0,88	2,15	0,04	22,68	88,74	0,78	0,37	0,66	6,30	11,35	0,03	0,05	6,24	11,24
303	Getreide	46,33	0,32	1,71	0,01	27,14	97,43	0,32	0,00	0,00	3,53	2,47	0,01	0,01	1,34	0,94
303	Mist Rind	43,46	0,65	1,66	0,02	26,21	84,94	0,55	1,01	1,52	21,05	31,58	0,06	0,09	5,85	8,77
403	Mais	47,45	0,95	1,15	0,02	41,28	95,58	0,91	0,00	0,00	3,39	6,78	0,06	0,11	1,67	3,34
403	Gras	46,39	0,19	1,98	0,01	23,38	92,11	0,17	0,30	0,12	4,25	1,70	0,05	0,02	1,55	0,62
403	Mist Rind	45,12	0,23	2,01	0,01	22,41	88,47	0,20	1,36	0,68	15,07	7,53	0,17	0,08	4,08	2,04
403	Mist Schwein	45,58	0,46	3,18	0,03	14,33	86,35	0,39	0,43	0,43	577,70	577,70	0,27	0,27	15,43	15,43
403	Püree	49,89	4,49	3,15	0,28	15,82	84,41	3,79	6,00	53,97	45,00	404,97	0,22	2,02	12,83	115,47
503	Mais	47,55	0,95	3,35	0,07	14,19	91,96	0,87	0,56	1,13	4,05	8,10	0,06	0,13	2,78	5,55

Tabelle 74: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	C (%)	Fracht C (t)	N (%)	Fracht N (t)	C/N	C-org (%)	Fracht C-org (t)	Pb (mg/kg)	Fracht Pb (g)	Cu (mg/kg)	Fracht Cu (g)	Cd (mg/kg)	Fracht Cd (g)	Ni (mg/kg)	Fracht Ni (g)
603	Mais	49,94	2,00	1,14	0,05	43,81	95,31	1,90	0,00	0,00	3,53	14,11	0,06	0,26	1,09	4,36
603	Getreide	46,35	0,32	2,24	0,02	20,68	97,43	0,32	0,00	0,00	6,38	4,47	0,01	0,01	2,18	1,52
703	Mais	47,10	3,77	1,30	0,10	36,16	95,20	3,59	0,04	0,32	2,69	21,54	0,11	0,85	1,47	11,78
703	Getreide	45,37	0,45	1,78	0,02	25,43	98,08	0,44	0,00	0,00	2,59	2,59	0,01	0,01	0,97	0,97
803	Mais	47,25	7,56	1,04	0,17	45,45	96,20	7,27	0,04	0,58	0,25	4,05	0,03	0,54	1,49	23,85
803	Gras	45,80	0,46	2,63	0,03	17,43	87,05	0,40	1,08	1,08	1,97	1,97	0,07	0,07	6,63	6,63
903	Mais	47,53	7,13	1,14	0,17	41,64	94,02	6,70	0,28	4,27	2,69	40,39	0,03	0,50	1,16	17,44
903	Gras	47,17	1,89	2,17	0,09	21,71	92,27	1,74	1,56	6,23	7,71	30,84	0,10	0,41	3,47	13,89
903	Getreide	46,20	1,39	1,61	0,05	28,73	97,30	1,35	0,05	0,16	3,10	9,29	0,00	0,00	1,67	5,01
1003	Mais	47,38	1,90	1,21	0,05	39,29	95,51	1,81	0,22	0,89	4,38	17,54	0,10	0,40	1,56	6,24
1003	Mist Schwein	44,47	0,44	2,20	0,02	20,19	85,09	0,38	2,02	2,02	12,12	12,12	0,12	0,12	6,25	6,25
1203	Mais	46,71	7,01	1,17	0,18	39,85	95,35	6,68	0,38	5,63	9,08	136,27	0,06	0,97	0,82	12,33
1203	Getreide	44,55	0,67	2,09	0,03	21,33	98,48	0,66	0,03	0,04	4,01	6,01	0,02	0,02	0,39	0,58

Tabelle 75: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	Cr (mg/kg)	Fracht Cr (g)	Zn (mg/kg)	Fracht Zn (g)	gesamt K ₂ O (mg/100g)	gesamt K ₂ O Fracht (kg)	gesamt MgO (mg/100 g)	gesamt MgO Fracht (kg)	gesamt P ₂ O ₅ (mg/kg)	gesamt P ₂ O ₅ Fracht (kg)
101	Mais	0,63	1,25	16,37	32,73	1442,27	28,85	275,48	5,51	557,35	11,15
101	Mist Rind	9,60	38,39	63,13	252,52	4339,01	173,56	481,97	19,28	463,55	18,54
201	Mais	0,90	4,50	16,97	84,83	1454,90	72,74	248,15	12,41	415,01	20,75
201	Gras	2,28	6,85	27,14	81,43	2825,40	84,76	372,33	11,17	395,08	11,85
201	Mist Rind	11,36	136,28	46,57	558,81	1734,76	208,17	556,95	66,83	862,21	103,47
301	Mais	0,43	0,65	15,04	22,56	1291,78	19,38	424,00	6,36	464,27	6,96
301	Gras	3,81	6,86	42,32	76,18	4365,36	78,58	620,38	11,17	845,57	15,22
301	Getreide	0,96	1,25	34,59	44,97	713,17	9,27	242,61	3,15	803,69	10,45
301	Mist Rind	7,11	7,11	111,38	111,38	7447,33	74,47	1162,72	11,63	1010,08	10,10
401	Mais	1,03	2,07	19,94	39,88	1117,29	22,35	316,73	6,33	385,27	7,71
401	Gras	1,62	0,81	25,24	12,62	3641,15	18,21	518,23	2,59	556,19	2,78
401	Mist Schwein	6,63	3,98	374,75	224,85	3568,74	21,41	998,42	5,99	1818,31	10,91
501	Mais	0,82	1,63	15,65	31,31	1542,89	30,86	272,47	5,45	403,51	8,07
601	Mais	0,81	1,62	17,16	34,32	1325,32	26,51	334,05	6,68	288,89	5,78
601	Gras	2,19	1,31	33,26	19,96	3792,93	22,76	517,87	3,11	855,63	5,13
701	Mais	1,34	10,71	24,24	193,90	1253,60	100,29	248,14	19,85	431,43	34,51
701	Getreide	2,13	1,28	27,91	16,75	593,73	3,56	779,54	4,68	729,34	4,38
1001	Mais	1,18	5,89	18,07	90,35	1520,63	76,03	264,84	13,24	477,41	23,87
1201	Mais	0,70	5,62	14,41	115,25	1431,73	114,54	294,68	23,57	399,95	32,00
1201	Getreide	1,13	1,13	17,45	17,45	577,18	5,77	254,23	2,54	645,37	6,45

Tabelle 76: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	Cr (mg/kg)	Fracht Cr (g)	Zn (mg/kg)	Fracht Zn (g)	gesamt K ₂ O (mg/100g)	gesamt K ₂ O Fracht (kg)	gesamt MgO (mg/100 g)	gesamt MgO Fracht (kg)	gesamt P ₂ O ₅ (mg/kg)	gesamt P ₂ O ₅ Fracht (kg)
102	Mais	1,55	4,66	32,92	98,75	1280,36	38,41	176,64	5,30	822,91	24,69
102	GPS	3,39	10,18	35,64	106,92	2970,64	89,12	182,82	5,48	1109,14	33,27
202	Mais	0,98	13,71	25,79	361,03	1080,79	151,31	88,43	12,38	726,63	101,73
202	Gras	3,23	51,64	38,68	618,80	2372,17	379,55	395,42	63,27	904,63	144,74
302	Mais	0,97	0,97	22,72	22,72	1785,29	17,85	318,39	3,18	766,28	7,66
302	Gras	2,61	7,84	34,20	102,59	5068,35	152,05	320,92	9,63	1177,70	35,33
302	Getreide	1,30	1,68	24,56	31,93	561,50	7,30	138,42	1,80	1310,52	17,04
302	Mist Rind	18,91	18,91	74,80	74,80	4361,71	43,62	1303,12	13,03	1279,26	12,79
402	Mais	0,78	0,78	15,63	15,63	963,57	9,64	191,22	1,91	739,76	7,40
402	Gras	3,21	3,21	35,57	35,57	4912,23	49,12	293,93	2,94	1026,70	10,27
402	Mist Schwein	10,72	5,36	76,23	38,12	7200,76	36,00	395,57	1,98	2145,54	10,73
402	GPS	1,81	1,81	17,22	17,22	1456,11	14,56	224,17	2,24	863,04	8,63
502	Mais	1,54	3,08	13,04	26,08	1271,70	25,43	137,89	2,76	863,17	17,26
602	Gras	3,21	1,61	26,80	13,40	13736,05	68,68	293,93	1,47	862,92	4,31
602	Getreide	1,18	0,35	30,09	9,03	5068,35	15,21	132,21	0,40	788,77	2,37
602	GPS	1,89	5,68	26,80	80,41	4627,99	138,84	246,11	7,38	862,92	25,89
702	Mais	1,77	7,07	24,25	96,99	907,23	36,29	178,42	7,14	863,33	34,53
702	Gras	5,10	2,55	44,90	22,45	1333,87	6,67	166,66	0,83	863,09	4,32

Tabelle 77: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	Cr (mg/kg)	Fracht Cr (g)	Zn (mg/kg)	Fracht Zn (g)	gesamt K ₂ O (mg/100g)	gesamt K ₂ O Fracht (kg)	gesamt MgO (mg/100 g)	gesamt MgO Fracht (kg)	gesamt P ₂ O ₅ (mg/kg)	gesamt P ₂ O ₅ Fracht (kg)
802	Mais	0,93	3,73	26,66	106,64	1074,55	42,98	275,95	11,04	863,10	34,52
802	Gras	2,15	5,38	37,04	92,60	3786,75	94,67	627,79	15,69	907,60	22,69
802	Getreide	1,01	2,23	24,98	54,95	527,17	11,60	43,25	0,95	892,54	19,64
802	GPS	1,16	2,33	19,12	38,24	1394,74	27,89	279,20	5,58	863,12	17,26
902	Mais	0,90	8,96	67,20	672,02	1694,21	169,42	299,50	29,95	890,94	89,09
902	Gras	2,79	11,18	26,97	107,86	2048,33	81,93	2727,39	109,10	1210,08	48,40
902	Getreide	1,09	2,17	34,38	68,76	569,69	11,39	644,00	12,88	894,10	17,88
902	Hühnertrockenkot	4,12	28,83	314,83	2203,83	3988,40	279,19	647,09	45,30	2015,90	141,11
1002	Mais	0,90	4,48	25,73	128,65	1103,50	55,17	205,02	10,25	863,03	43,15
1202	GPS	0,70	8,40	51,60	619,16	3675,34	441,04	169,84	20,38	863,24	103,59

Tabelle 78: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	Cr (mg/kg)	Fracht Cr (g)	Zn (mg/kg)	Fracht Zn (g)	gesamt K ₂ O (mg/100g)	gesamt K ₂ O Fracht (kg)	gesamt MgO (mg/100 g)	gesamt MgO Fracht (kg)	gesamt P ₂ O ₅ (mg/kg)	gesamt P ₂ O ₅ Fracht (kg)
103	Mais	0,39	0,78	50,18	100,35	2670,15	53,40	396,45	7,93	547,32	10,95
103	Mist Rind	2,57	5,13	151,99	303,98	6963,15	139,26	1325,16	26,50	1213,91	24,28
103	GPS	0,83	1,65	16,63	33,26	2466,44	49,33	185,50	3,71	318,08	6,36
203	Mais	0,44	9,22	23,98	503,48	1359,88	285,58	215,44	45,24	293,95	61,73
203	Mist Rind	5,33	90,57	71,87	1221,76	3491,72	593,59	573,18	97,44	673,56	114,50
303	Mais	1,09	3,27	20,64	61,93	1841,61	55,25	411,17	12,34	362,34	10,87
303	Gras	2,16	3,88	58,21	104,78	5313,88	95,65	736,13	13,25	826,45	14,88
303	Getreide	0,45	0,32	27,16	19,01	1051,66	7,36	269,14	1,88	810,16	5,67
303	Mist Rind	3,75	5,62	110,44	165,66	6068,98	91,03	828,91	12,43	766,65	11,50
403	Mais	0,62	1,25	23,48	46,96	2029,66	40,59	379,51	7,59	477,73	9,55
403	Gras	1,35	0,54	30,77	12,31	4367,76	17,47	435,39	1,74	508,58	2,03
403	Mist Rind	4,19	2,10	74,22	37,11	4778,54	23,89	748,76	3,74	688,09	3,44
403	Mist Schwein	1,10	1,10	543,13	543,13	3740,51	37,41	1447,25	14,47	3436,64	34,37
403	Püree	12,88	115,93	221,34	1992,08	2116,37	190,47	459,11	41,32	3460,80	311,47
503	Mais	2,03	4,05	37,16	74,33	3345,34	66,91	682,79	13,66	1631,59	32,63

Tabelle 79: Gehalte und Frachten der verschiedenen NAWARO's in den untersuchten Gärsubstraten

Variante	NAWARO	Cr (mg/kg)	Fracht Cr (g)	Zn (mg/kg)	Fracht Zn (g)	gesamt K ₂ O (mg/100g)	gesamt K ₂ O Fracht (kg)	gesamt MgO (mg/100 g)	gesamt MgO Fracht (kg)	gesamt P ₂ O ₅ (mg/kg)	gesamt P ₂ O ₅ Fracht (kg)
603	Mais	0,47	1,88	28,68	114,74	1757,03	70,28	459,23	18,37	355,05	14,20
603	Getreide	0,28	0,20	45,26	31,68	906,63	6,35	309,03	2,16	783,48	5,48
703	Mais	0,50	4,00	26,72	213,79	2614,73	209,18	262,86	21,03	420,26	33,62
703	Getreide	0,23	0,23	27,23	27,23	1111,55	11,12	212,79	2,13	649,83	6,50
803	Mais	0,65	10,41	20,90	334,35	1876,02	300,16	362,66	58,03	371,41	59,43
803	Gras	3,30	3,30	44,58	44,58	5067,46	50,67	760,81	7,61	786,04	7,86
903	Mais	0,46	6,97	24,32	364,75	2848,09	427,21	340,35	51,05	510,67	76,60
903	Gras	2,71	10,84	43,37	173,50	3335,13	133,41	555,56	22,22	766,00	30,64
903	Getreide	0,56	1,67	27,76	83,29	944,85	28,35	240,63	7,22	1039,76	31,19
1003	Mais	0,35	1,39	31,87	127,48	2268,96	90,76	280,69	11,23	535,18	21,41
1003	Mist Schwein	4,49	4,49	63,84	63,84	5507,40	55,07	633,75	6,34	947,07	9,47
1203	Mais	0,28	4,20	24,17	362,59	2481,91	372,29	431,93	64,79	484,74	72,71
1203	Getreide	0,15	0,23	22,57	33,86	1014,50	15,22	279,64	4,19	897,46	13,46

