



Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft
www.raumberg-gumpenstein.at

Praktischer Vergleich von vier Güllemixern in Bezug auf Kraftbedarf und Praxistauglichkeit

Diplomarbeit

aus dem Fachgegenstand

Landtechnik und Bauen

Betreuer

Prof. Dipl.- Ing. Stefan Waldauer

Außerschulische Partner

Michael Scherr

Dipl.- Ing. Alfred Pöllinger

durchgeführt am

Lehr- und Forschungszentrum

Raumberg – Gumpenstein

A-8952 Irdning, Raumberg 38

<http://www.raumberg-gumpenstein.at>

vorgelegt von

Eckmann Mario und Vasold Lukas

Mai 2012

Vorwort

Eingangs möchten wir uns vor allem bei unserem schulischen Betreuer Prof. Dipl.-Ing. Stefan Waldauer bedanken, der für den ersten Kontakt zur Firma „Der fortschrittliche Landwirt“ sorgte und uns in weiterer Folge immer wieder mit guten Ratschlägen zur Seite stand.

Weiters möchten wir uns beim „Fortschrittlichen Landwirt“, unserem außerschulischen Partner, bedanken. Vor allem bei Michael Scherr, welcher die Firmenkontakte herstellte und auch den Versuchsablauf plante und koordinierte.

Ein weiterer Dank gilt auch Herrn Dipl.- Ing. Alfred Pöllinger, welcher uns bei den verschiedenen Datenerhebungen tatkräftig unterstützte. Außerdem hatte er stets ein offenes Ohr für unsere Fragen und Anliegen und wusste immer eine fachliche Antwort.

Auch möchten wir uns noch bei den vielen Betrieben bedanken, welche die Praxistauglichkeit auf ihren Betrieben testeten und uns die Erfahrungen sowie Ergebnisse mitteilten.

Dankbar zeigen wollen wir uns auch bei all jenen, die uns in irgendeiner Weise geholfen und unterstützt haben.

Wir haben uns für eine Diplomarbeit im Bereich der Landtechnik entschieden, da wir im Laufe des Unterrichtes ein großes Interesse an diesem Fachbereich entwickelt haben. Durch die Arbeit wollten wir jedoch nicht nur unser Wissen weiterentwickeln, sondern möchten auch Ihnen damit Ergebnisse liefern, die vielleicht die Kaufentscheidung eines Güllemixers erleichtern könnten.

Recht herzlichen Dank.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung:	5
1.1 Wirtschaftsdüngerarten:.....	5
1.1.1 Festmist:	5
1.1.2 Jauche:	5
1.1.3 Gülle:	6
1.2 Ausbringungsrichtlinien:.....	7
1.3 Behälterbauweisen für die Flüssigmistlagerung:.....	8
1.3.1 Güllegruben:	8
1.3.2 Güllelagunen:	9
1.3.3 Güllekeller:.....	10
1.3.4 Gülleslalomsystem:.....	11
1.4 Ammoniak – Emissionen:	12
1.4.1 Ausbringungsverluste:	13
1.5 Güllezusätze:	14
1.6 Mixersysteme:.....	16
1.6.1 Zapfwellenbetriebene Rührwerke:	16
1.6.2 Elektrobetriebene Mixer	17
1.6.3 Spaltenmischer:.....	18
1.7 Ausbringung:.....	19
1.7.1 Ausbringverfahren:	19
1.7.2 Verteilerarten:	22
1.8 Güllehomogenisierung:	26
2. Problemstellung:	28
3. Material und Methoden:	29
3.1 Messung der Zapfwellenleistung und der Schubkräfte:	29
3.2 Messung der Fließgeschwindigkeit (Viskositätstest):.....	32
3.3 Trockenmassebestimmung:	33
3.4 Traktor:	34
3.5 Güllemixer:.....	35
3.5.1 Bauer:	36
3.5.2 Vakutec:.....	37
3.5.3 Reck:	38
3.5.4 Kirchner:	39
3.6 Praxisbetriebe:	40

4. Ergebnisse und Diskussion:	42
4.1 Viskositätstest:	42
4.2 Laboranalyse:	43
4.3 Praxistest:	43
4.4 Messdatenergebnisse:	48
5. Zusammenfassung:	50
6. Abstract:	51
7. Literaturverzeichnis:	52
8. Abbildungsverzeichnis:	53
9. Tabellenverzeichnis:	55
10. Anhang:	56
10.1 Güllegrubendaten und Messungen während der Mixvorgänge:	56
10.2 Diagramme der Messdaten:	60

1. Einleitung:

1.1 Wirtschaftsdüngerarten:

Laut FRITZ (2011) stellen die hofeigenen Dünger wie Festmist, Jauche und Gülle für mehr als 90% der Grünland- und Viehbetriebe die Hauptquelle zur Nährstoffversorgung der Pflanzenbestände dar. Die einzelnen Wirtschaftsdüngerarten weisen dabei eine recht unterschiedliche Zusammensetzung und Wirksamkeit an Nährstoffen auf, welche vor allem von der Tierart, vom Leistungsniveau und von der Fütterung abhängig ist.

Außerdem unterscheidet FRITZ (2011) grundsätzlich drei Arten von organischen Düngern:

1.1.1 Festmist: Er besteht aus dem Kot und dem Einstreu durch welches er gebunden wird. Festmist hat einen höheren Trockensubstanzgehalt als Gülle und Jauche, dieser liegt bei durchschnittlich 30%. Aufgrund seines relativ hohen Anteils an organisch gebundenem Stickstoff hat er eine nachhaltige Wirkung.

1.1.2 Jauche: Sie besteht aus dem Urin, Wasser, Sickersäften von Festmist und eventuell Einstreu. Jauche ist wegen ihres hohen Anteils an Ammonium schnell wirksam. Dieser Dünger hat einen Trockensubstanzgehalt von durchschnittlich 2,5%.

1.1.3 Gülle: Gülle setzt sich aus flüssigen und festen Exkrementen zusammen, weiters können Reste von Einstreu, Futter und Wasser enthalten sein. Sie nimmt bei der Wirksamkeit eine Zwischenstellung zwischen Festmist und Jauche ein. Die Nährstoffe der Gülle sind zu 60% im ersten Jahr für die Pflanzen verfügbar und die restlichen 40% sind dann im zweiten Jahr wirksam. Die Humuswirkung der Gülle ist gering, was sich auf das enge C:N (Kohlenstoff : Stickstoff) – Verhältnis von durchschnittlich 1:10 (PÖLLINGER, 2012) zurückführen lässt. Dadurch wird im Ackerbau empfohlen, strohreiche Substanzen am Feld zu lassen, wie zum Beispiel Ernterückstände einzuarbeiten und nicht vom Feld zu verbringen. Auch beim Trockensubstanzgehalt nimmt Gülle mit durchschnittlich 10 % eine Zwischenstellung ein (FRITZ, 2011).

Man kann die Gülle aufgrund des Wassergehaltes in drei Arten unterteilen:

1. Vollgülle: Sie wird als breiig beschrieben und enthält kein Wasser.
2. Halbgülle: Sie wird als dicksuppig beschrieben und besteht aus Gülle und Wasser im Verhältnis von 1:1.
3. Dünngülle: Sie wird als wässrig beschrieben und besteht aus Gülle und Wasser im Verhältnis von 1:3.

(<http://www.oeffizientduengen.de/files/guelle.php>, 22.02.2012)

In unseren weiteren Ausführungen gehen wir genauer auf die Gülle ein.

Gülle ist vor allem bei größeren viehhaltenden Grünlandbetrieben ein äußerst wichtiger organischer Dünger (PÖLLINGER, 2010). Gülle erweist sich für diese Betriebe deshalb als besonders wirtschaftlich, da sie einerseits kostengünstig am eigenen Betrieb produziert wird und andererseits die Ausbringung einen geringen mechanischen und manuellen Einsatz erfordert. Grundsätzlich muss man zwischen Rindergülle und Schweinegülle unterscheiden, da sich diese in ihren Zusammensetzungen wesentlich unterscheiden. Auch zwischen konventioneller und biologischer Haltung gibt es Unterschiede. Weiters sind auch die Aspekte der Haltungsrichtlinien ein großes Thema, da diese die Güllezusammensetzung stark beeinflussen können.

Tabelle 1: Nährstoffgehalte in Gülle und Jauche in kg/m³
 (<http://www.effizientduengen.de/files/guelle.php>, 22.02.2012)

Tierart/ Nährstoff	N stallf. (N anr.)	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Milchvieh	4,5 (3,4)	2,0	6,5	3,0	1,5
Mastrinder Maissilage	6,0 (4,5)	2,5	5,0	2,0	1,0
Mastschw. MKS-CCM	6,0 (4,5)	3,5	3,5	2,25	0,6
Zuchtsauen	7,6 (5,6)	4,4	4,0	5,6	1,6

In *Tabelle 1* ist ersichtlich, dass sich Rinder- und Schweinegülle im Wesentlichen durch ihren Phosphorgehalt, welcher bei der Schweinegülle höher ist als bei der Rindergülle unterscheiden, bei Kalium ist der Gehalt in der Rindergülle höher als in der Schweinegülle.

1.2 Ausbringungsrichtlinien:

Gülle darf laut PRÖLL (2008) vom 15. Oktober bis 15. Februar auf Flächen ohne Gründeckung und auf Flächen mit Gründeckung vom 15. November bis 15. Februar nicht ausgebracht werden. Außerdem herrschen Ausbringungsverbote bei geschlossener Schneedecke, durchgefrorenem, wassergesättigtem oder überschwemmtem Boden und wenn kein bzw. nur ein geringer Pflanzenbestand vorhanden ist, da der Boden in diesen Zeiträumen nicht aufnahmefähig ist und die Gülle in weiterer Folge das Grundwasser und Fließwasser verschmutzen kann.

Weiters liegen die mengenmäßige Ausbringungsbeschränkungen laut PRÖLL (2008) bei 175 kg N/ha und Jahr auf Flächen ohne Gründeckung und bei 210 kg N/ha und Jahr für Flächen mit Gründeckung und Flächen mit stickstoffzehrenden Fruchtfolgen. Jedoch darf die zulässige Stickstoffhöchstmenge aus Wirtschaftsdünger von 170 kg/ha und Jahr nicht überschritten werden. Gaben die mehr als 100 kg Reinstickstoff /ha und Jahr betragen sollten geteilt werden, außer bei Hackfrüchten und Gemüsekulturen auf sorptionskräftigen Böden mit mindestens 15% Tonanteil.

1.3 Behälterbauweisen für die Flüssigmistlagerung:

Die Grube ist der wichtigste Bestandteil der Lagerung. In der Praxis sind hiervon viele verschiedene Bauweisen zu finden. Sie können Größen zwischen 10 m³ bis 1.000 m³ erreichen. Jeder Landwirt muss laut PRÖLL (2008) bei der Dimensionierung einer neuen Güllegrube auf die sechsmonatige Lagerkapazität achten, da während der vorhin erwähnten zeitlichen Ausbringungsverbote die Gülle am Betrieb gelagert werden muss. Für die Berechnung der Lagerkapazität werden die Dunggroßvieheinheiten verwendet.

Die folgenden Beschreibungen werden nach GALLER (2009) zitiert:

1.3.1 Güllegruben:

„Güllegruben werden vorrangig in Rundbauweise aus Beton gebaut. Sie können entweder als offene Grube oder als geschlossene Grube mit befahrbarer Decke ausgeführt werden. Die Höhe bzw. Tiefe des Behälters sollte unter Berücksichtigung der Saugleistung des Vakuumsfasses 3 bis 3,5 m nicht wesentlich überschreiten. Ansonsten sollte die Ansaugöffnung seitlich und unter Ausnutzung des Geländes tiefer liegen. Eine zu große Behälter-Oberfläche wirkt sich nachteilig auf das nutzbare Volumen aus und trägt bei noch nicht gebildeter Schwimmdecke zu einer höheren Ammoniakfreisetzung bei. Ein günstiges Verhältnis von Behälterhöhe zum Durchmesser liegt bei 1:3 bis 1:4. Bei offenen Behältern ist ein Niederschlagseintrag von ca. 300 mm (30 cm) sowie ein Freibord von mindestens 20 cm vom nutzbaren Grubenraum abzuziehen. Dieses insgesamt nicht nutzbare Volumen in Höhe von 50 cm macht bei einem Behälter mit kleinem Durchmesser weniger aus als bei einem flachen Behälter mit großem Durchmesser. Eine Güllegrube mit befahrbarer Decke kostet je nach Größe ca. 90 bis 95 Euro/m³. Diese ist vor allem dort erforderlich, wo der Güllebehälter aus Platzmangel gänzlich in die Erde gebaut werden muss. Offene Güllebehälter sind je nach Ausführung um ca. 30 bis 40% billiger, benötigen jedoch eine Einzäunung und sollten zusätzlich auch eine Eingrünung erhalten.



Abbildung 1: Güllegrube mit Zaunschutz 11 m Durchmesser, 4 m Höhe
(<http://www.lehnerbau.at/page.asp/1075.htm>, 2012)

1.3.2 Güllelagunen:

Neben Güllegruben (vorrangig Betonausführung), werden aus Kostengründen fallweise auch Gülleerdbecken mit Kunststoffabdichtung (Güllelagunen) in beliebiger Größe gebaut. Zur bodenseitigen Abdichtung werden zwei Folien (sogenannte Erddichtungsbahnen) zusammengesweißt und übereinander ausgelegt. Erdbecken können bis zu einer Tiefe von 0,5 Meter über den mittleren Grundwasserstand gebaut werden, wobei der Erdaushub gleichzeitig als umgrenzender Erdwall verwendet wird. Erforderlich ist ein Spezialrührwerk (z. B. 15-KW-Elektro Getriebemotor). Bei Verwendung eines mobilen Schlepperrührwerkes ist die Errichtung einer Rührrampe erforderlich. Die maximale Tiefe beträgt etwa 2,5 m. Die Baukosten verringern sich mit der Größe der Güllelagune (z.B. Gemeinschaftsanlagen), beginnend von etwa 30 Euro/m³ bis auf 15 Euro/m³ bei einem Nutzvolumen von 3.000 m³ und darüber.



Abbildung 2: Güllelagune
(<http://www.vielfaltleben.at/imagecatalogue/imageview/60635/?SectionIDOverride=120>, 2012)

1.3.3 Güllekeller:

Der Güllekeller ist nur mit einem Spaltenboden oder Schrapper kombinierbar. Die Tiere stehen dabei direkt über der Gülle. Die Bauform des Güllekellers ist bis zu einer max. Länge von 20 m und einer max. Breite von 6,60 m (ca. 3,30 m bis zur Mittelwand) möglich. Die Mittelwand ermöglicht ein kreisförmiges Homogenisieren. Die Kanaltiefe darf max. 3 m betragen. Das Aufrühren erfolgt mit Hilfe eines Traktormixers. Während des Mixvorganges sollten keine Tiere im Stall sein. Der Kanal darf nicht gänzlich geleert werden, d.h. eine Restfüllhöhe von mind. 10 cm ist erforderlich, damit die Gülle am Boden nicht antrocknen kann. Der Güllekeller ermöglicht in Hanglagen einen optimalen Ausgleich des Geländes.

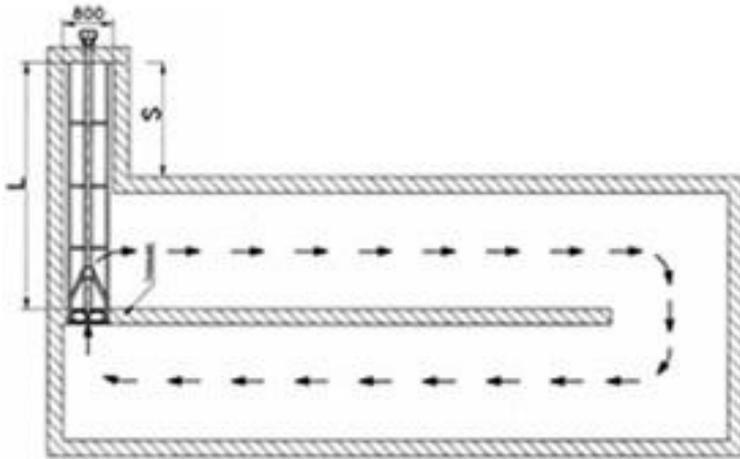


Abbildung 3: 2- Kanalsystem eines Güllekellers
 (http://cont.guelleruehrwerke.de/web5/html/cms/front_content.php?idcat=81, 2012)

1.3.4 Gülleslalomsystem:

Das Slalomsystem ist im Vergleich zum Güllekeller für größere Betriebe besser geeignet. Beim Slalomsystem sind die Kanäle möglichst in gleicher Breite auszuführen und die Kanaltiefe auf 2,5 m zu begrenzen. Auch mit diesem System kann in Hanglagen das Gelände optimal ausgeglichen werden. Der Nachteil gegenüber dem Güllekeller ist, dass täglich 15-20 Minuten mit einem stationären und höhenverstellbaren Mixer aufgerührt werden muss, wodurch im Vergleich höhere Betriebskosten entstehen. Der Vorteil ist, dass die Gülle jederzeit fertig zur

Ausbringung ist. Beim Entleeren ist ebenfalls darauf zu achten, dass eine Restfüllhöhe von mind. 10 cm bestehen bleibt“
 GALLER (2009).

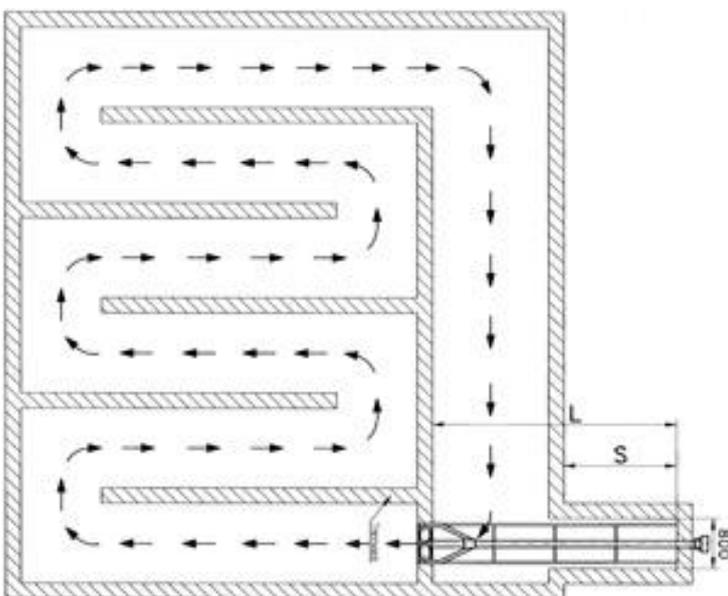


Abbildung 4: Gülleslalomsystem
 (http://cont.guelleruehrwerke.de/web5/html/cms/front_content.php?idcat=112, 2012)

1.4 Ammoniak – Emissionen:

Laut ZÄHNER, KECK UND HILTY (2005) werden die Ammoniak-Emissionen (NH_3) im Stallbereich hauptsächlich von der Menge ausgeschiedenen Harnstoffs, von der Größe der verschmutzten Fläche sowie von der Temperatur und Luftgeschwindigkeit im Stall beeinflusst. Die vermehrte Haltung der Milchkühe in Laufställen mit Auslauf hat das Flächenangebot im Vergleich zum Anbindestall verdoppelt und den Anteil an verschmutzter Fläche vervielfacht. Die größeren verschmutzten Flächen, speziell auch bei Ausläufen, haben deutlich höhere NH_3 -Emissionen zur Folge - Minderungsmaßnahmen lassen sich in Fütterungsstrategien, Güllebehandlung, organisatorische und bauliche Maßnahmen einteilen. Die Autoren schreiben weiter, dass die Datengrundlage von Emissionsmessungen aus der Rindviehhaltung sehr gering ist, da es sich bei Ammoniak-Emissionen (NH_3) betroffenen Ställen überwiegend um solche mit freier Lüftung handelt. Einige Empfehlungen zu ammoniakreduzierenden Maßnahmen lassen sich dennoch ableiten. Eine ausgeglichene Fütterung nach Energie und Protein ist angezeigt und lässt sich anhand von Fütterungsplänen errechnen. Vermehrte Weidehaltung oder die nur zeitweise Nutzung von Ausläufen können je nach Stallkonzept ohne großen zusätzlichen Aufwand umgesetzt werden. Die Sauberkeit der Laufbereiche kann durch eine erhöhte Reinigungsfrequenz verbessert werden. Schutz vor hohen Temperaturen und hohen Luftgeschwindigkeiten können genügend Vordächer und Schatten durch angrenzende Gebäude, Bäume, Sträucher oder Windschutznetze bieten. Emissionsarme Laufflächen als bauliche Maßnahme wie Rillenbodenelemente, erhöhte Standplätze mit Abtrennungen im Fressbereich und optimierte Schiebersysteme eignen sich nur bei Neubauten zur Reduktion von NH_3 -Emissionen.

1.4.1 Ausbringungsverluste:

Um Ausbringungsverluste möglichst gering zu halten sollte man laut FRITZ (2011):

1. Feuchte und windstille Witterungsbedingungen bevorzugen
2. Bodennahe Ausbringung fördern
3. Die Gülle auf dem Acker unmittelbar nach dem Ausbringen mittels Eggen oder Grubber einarbeiten
4. Am Grünland innerhalb einer Woche nach dem Mähen güllen
5. Die Gülle verdünnen um Pflanzenverätzungen vorzubeugen
6. Der Boden sollte feucht aber nicht nass sein
7. Gülle vor der Ausbringung homogenisieren

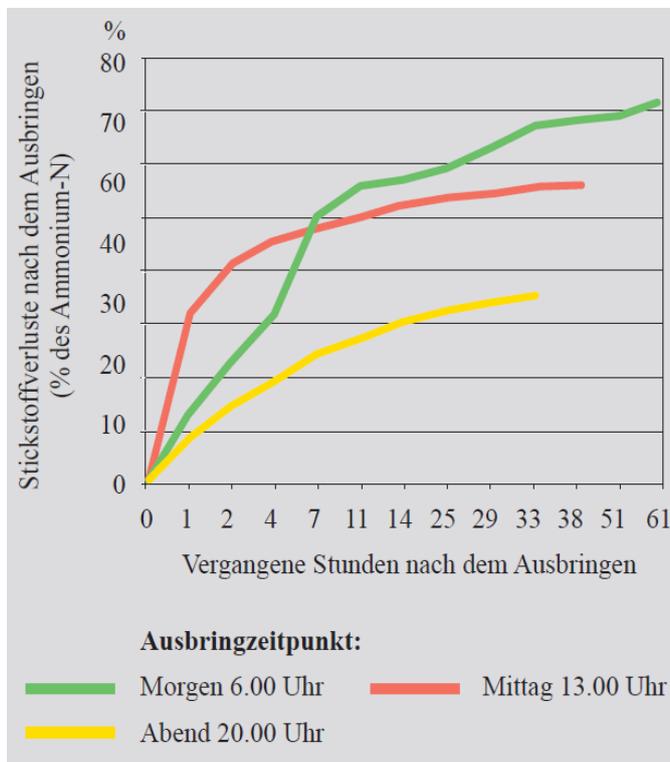


Abbildung 5: Stickstoffverluste je nach Ausbringungszeitpunkt (www.nw.ch, 2012)

Auf dieser Grafik wird ersichtlich wie sich der Ausbringungszeitpunkt innerhalb eines Tages auf die Stickstoffverluste auswirkt. Während die Stickstoffverluste beim Wirtschaftsdünger, welcher um 6:00 Uhr ausgebracht wird, bis zu 70% betragen können, sind die Verluste wenn er um 20:00 Uhr ausgebracht wird um bis zu 50% geringer. Dies beruht darauf, dass in der Nacht die Luftfeuchtigkeit höher und die Temperatur geringer ist.

1.5 Güllezusätze:

In den folgenden Absätzen wird nach PÖTSCH (2007) auf unterschiedliche Güllezusätze und deren Wirksamkeit eingegangen.

Gruppe A Ziel dieser Gruppe von Güllezusätze ist die Ammoniakfreisetzung zu hemmen.

Der pH- Wert hat bezüglich Ammoniak- und Ammonium-Stickstoffverlusten eine große Bedeutung. Ein hoher pH- Wert, welcher über einem pH- Wert von 6 anfängt, begünstigt die Ammoniakverluste. Während ein niedriger pH- Wert die Bedingungen von Ammoniumstickstoff begünstigt. Es wurde nachgewiesen, dass durch pH- senkende Güllezusätze die Ammoniakverluste deutlich verringert werden können. Eine Absenkung des pH- Wertes auf einen stabilen Wert von 6 ist in der Regel ausreichend, um die Ammoniakemissionen um mindestens 50% zu reduzieren.

Säurezugabe: Die direkte Säurezugabe senkt zwar die Ammoniakemissionen über die Absenkung des pH- Wertes, jedoch sind hohe Mengen an organischen- und anorganischen Säuren erforderlich. Dies verursacht hohe Kosten und die damit verbundenen Risiken im Umgang mit den Chemikalien.

Gruppe B Ziel dieser Gruppe von Güllezusätzen ist es, die mikrobielle Umsetzungen der Gülle zu fördern oder zu steuern.

Gesteinsmehle: Darunter versteht man zerkleinertes Gestein mit einer Korngröße von 0,2 mm, ungeachtet der mineralogischen Herkunft und chemischen Zusammensetzung, die bei den einzelnen Gesteinsmehlen sehr unterschiedlich sein kann. Der Gehalt an wichtigen Pflanzennährstoffen ist meist marginal, der Anteil an für die Pflanzenernährung bedeutungslosen Stoffen hingegen sehr hoch.

Tonminerale: Einige Güllezusätze enthalten Tonminerale wie Montmorillonite, Smectite oder Vermiculite. Tonminerale gehören vorwiegend der Tonfraktion von Böden an und entstehen aus Verwitterungsvorgängen. Sie bilden meist blättchenförmige Kristalle und besitzen je nach ihrem Schichtaufbau sehr große aktive Oberflächen mit einem hohen Bindungs- und Austauschvermögen für bestimmte Ionen wie z.B. Ammonium oder Kalium.

Nitrifikationshemmer: Diese chemisch-synthetischen Stoffe verlangsamen die mikrobielle Umsetzung von Ammoniumstickstoff zu leicht löslichem Nitratstickstoff.

Organische Produkte: Dazu gehört eine Reihe von Mitteln, die entweder aus Bakterien-, Pilz-, Algen- oder Pflanzenextrakten hergestellt werden. Auch Öle tierischer/pflanzlicher Herkunft, Alkohole, Fettsäuren, Kohlenhydrate oder Vitamine finden sich in derartigen Produkten, deren Rezeptur meist nicht klar definiert ist.

Sonstige Produkte: In dieser Gruppe finden sich auch diverse Substrate, deren angebliche Wirkung mit energetischen Phänomenen in Verbindung gebracht wird. Zusätzlich werden in der Praxis auch noch unterschiedlichste landwirtschaftliche Nebenprodukte wie Rapsöl, Molke oder Bierhefe als Zusatz zu Gülle verwendet.

In den nächsten Absätzen werden wir uns näher mit unterschiedlichen Mixersystemen – dem eigentlichen Thema unserer Arbeit, auseinandersetzen.

1.6 Mixersysteme:

„Grundsätzlich kann man sagen, dass in erster Linie die Art und Größe des Güllebehälters ausschlaggebend für das Mixersystem des jeweiligen Betriebes ist. ZENTNER (2004). Der Autor unterscheidet zwischen:

1.6.1 Zapfwellenbetriebene Rührwerke:

Diese Mixer werden auf den Dreipunkt angebaut und über die Traktorzapfwelle angetrieben. Der Kraftbedarf richtet sich natürlich nach der Größe des Rührwerks. Für kleinere Mixer sind vorhandene Kleintraktoren von 20 bis 30 kW durchaus ausreichend. Die Mixerlängen variieren zwischen 3 m und 6 m.

Für den komfortablen Anbau am Dreipunkt und zur leichteren Verstauung bieten einige Firmen den Anbaumixer auf Fahrbock oder mit Transporträdern an.

Bei Ausstattung mit Wendegetriebe ist sowohl Druck- als auch Saugrühren möglich. Dies kann bei sehr starker Schichtenbildung durchaus von Vorteil sein.

Die Neigungsverstellung des Rührwerks erfolgt entweder durch Rastereinstellung, mit Spindel oder mittels angebauter Winde. Eine Preisfrage dürfte die komfortable Variante, je nach Mixergröße, mit einem oder zwei Hydraulikzylindern sein. Je nach Neigungswinkel der verschiedenen Geräte ist auch auf die passende Zapfwelle zu achten. Bei großen Behältern sind hohe Neigungswinkel erforderlich, die Anschaffung von passenden Weitwinkelgelenkwellen ist deshalb unerlässlich.

Ebenso wie die Ausstattung der Rührwerke selbst - entweder mit einem Stützfuß oder noch besser mit einem Schutzring am Flügel selbst. Dieser bietet auch bei Neigungsverstellung während des Rührens ausreichend Schutz.

Bei Güllelagunen und Gülleteichen kann es leicht zu Beschädigungen der Teichfolien mit nachfolgend erheblichen Reparaturkosten kommen. Die Firmen bieten auch hier teilweise Speziallösungen an. Zumindest die Ausstattung mit einem herkömmlichen, umlaufenden Schutzring ist unbedingt nötig.

1.6.2 Elektrobetriebene Mixer

Diese weisen Flügelgrößen von 250 mm bis zu 850 mm auf. Die Leistungen der Motoren sind je nach Behältergröße zwischen 1,5 kW und 25 kW wählbar. Neben der Heb- und Senkfunktion ist die Möglichkeit des Links- und Rechtsschwenkens speziell für große, eckige oder unförmige Behälter empfehlenswert. Die Firmen Bauer und Vakutec bieten sogar neigungsverstellbare Rührwerke für eine noch bessere Wirkung an. Besonderes Augenmerk, speziell bei größeren Motoren, gilt der Form des Motorgehäuses. Diese ist vor allem für das Strömungsverhalten der Gulle von großer Wichtigkeit und wirkt zusätzlich energiesparend und ist lärmärmer, sprich immissionstechnisch als günstig zu erachten.

Die schlanke Form des Motors erreichen die Firmen durch Anbau eines Planetenradgetriebes. Die Motoren sind sowohl bei stationären, als auch bei transportablen Rührwerken ident. Die Ausführung des Transportwagens bei beweglichen Rührwerken ist bezüglich Standfüße mit denen der anderen Mixer zu vergleichen. Die fahrbaren Tauchrührwerke reichen bei den meisten Firmen nicht tiefer als 4,5 Meter. Dies kann im Speziellen bei Sinkschichten (Schweinegulle) und tieferen Behältern zu Problemen führen.

Bedienungsfreundlich sind Tauchrührwerke mit Teleskopführungsschiene für eine stufenlose Höhenverstellung. Besonders bei geschlossenen Behältern ist auf die Öffnungsgröße zu achten. Durch die an den Motor direkt angebauten Flügel und das horizontale Senken in den Gulleraum benötigen sie größere Öffnungen als die vorher genannten Varianten. Für einen wirtschaftlichen Betrieb mit stationären Rührwerken ist die Ausstattung oder Nachrüstung mit einer Zeitschaltuhr möglich. Durch ihre strömungstechnisch sehr günstige Eigenschaft finden Tauchrührwerke, die mit Planetengetriebe ausgestattet sind, auch vermehrt Einsatz in Ring- und Slalomsystemen.

1.6.3 Spaltenmixer:

Sie sind kein Ersatz für die herkömmlichen Mixer oder Rührwerke, können aber in Problembereichen bei Güllekellern, Slalom- und Ringsystemen wertvolle Hilfe geben.

Sie sind durch eine zwei- oder mehrfachbereiften Transportwagen sehr handlich und leicht zu bedienen. Das Rührwerk lässt sich mittels Winde und Kurbel durch den Spaltenboden in den Kanal absenken und sollte zusätzlich eine Schwenkeinrichtung von zumindest 30° zur besseren Saug- oder Druckwirkung in beide Richtungen aufweisen.

Eine externe Wasserversorgung zum Flügel ist speziell bei trockener Gülle bzw. starker Schichtbildung empfehlenswert.

Beim Kauf ist grundsätzlich auf die Spaltenbreite sowie Kanaltiefe zu achten. Grundsätzlich wird zwischen Schweine- und Rinderspalten unterschieden. Die Leistung der Motoren variiert zwischen 5 kW und 9,5 kW. Die Schwertlängen werden von 60 cm bis 150 cm angeboten“ (ZENTNER, 2004).

1.7 Ausbringung:

Die folgenden Erläuterungen zum Thema Ausbringung werden nach PÖLLINGER und PÖTSCH (2000) zitiert.

Grundsätzlich sollte beim Ausbringen darauf geachtet werden, dass eine möglichst genaue Verteilgenauigkeit eingehalten wird um die berechnete Ausbringungsmenge pro Hektar einzuhalten. Dies wird im Variationkoeffizienten, der für jeden Gülleverteiler exakt angegeben wird, ausgedrückt. Um einen repräsentativen Vergleich zwischen den Verteilern zu erhalten, müssen gleiche Güllezusammensetzungen vorhanden sein. Die Einstellungen zwischen Traktor und den Verteilern sollten je nach Betriebsanleitung angepasst werden. Weiters sollte eine möglichst bodennahe Ausbringung bevorzugt werden um die Windanfälligkeit und somit die Stickstoff- Ausbringungsverluste möglichst gering zu halten. Auch die Hangtauglichkeit muss gegeben sein, um ein möglichst sicheres und gleichmäßiges Arbeitsergebnis zu erhalten.

1.7.1 Ausbringverfahren:

Weiters unterscheiden PÖLLINGER und PÖTSCH (2000) in der Praxis grundsätzlich drei Ausbringverfahren.

1. Kontinuierliche Ausbringung:

Dies ist das häufigste Verfahren in der Praxis. Hier steht der Traktor mit dem Güllefass im Mittelpunkt. Diese zwei Geräte bilden eine Einheit für Transport und Ausbringung. Für jede Neubefüllung muss man auf den Betrieb zurückkehren und das Fass wird direkt aus der Lagerstätte befüllt. Dieses Verfahren wird bei flächenmäßig kleinen Betrieben mit geringen Feld- Hof Entfernungen angewandt. Die Vorteile liegen in der günstigen Anschaffung der Technik und der flexiblen Organisation der Ausbringung. Nachteile sind im Besonderen die vielen Leerfahrten zwischen Hof und Feld und die damit verbundenen Treibstoffkosten. Weiters wirken sich die geringere Auslastung des Fasses und die dadurch entstehende geringe Flächenleistung, erhöhte Unfallgefahr bei Nässe in Hanglagen und der

erhöhte Bodendruck gerade bei großen Kubaturen negativ aus. Über eine Zusatzausrüstung in Form einer Reifedruckregelanlage kann dem entgegen gewirkt werden.



Abbildung 6: Kontinuierliche Ausbringung mit Gülledruckfass
(www.agrigate.ch, 2012)

2. **Absätziges Verfahren:**

Hier erfolgen der Transport und die Verteilung der Gülle getrennt. Der Transport vom Hof bis zum Feldrand erfolgt meist über eigens dafür konzipierte Transportfahrzeuge mit einem Fassungsvermögen von 10.000 – 18.000 Litern. Die Ausbringung am Feld erfolgt dort über Spezialfahrzeuge oder Aufsattelgeräte wie zum Beispiel dem Gülletrac oder von einem Traktor mit aufgebautem Verteiler und einer Verschlauchung. Es können auch stationäre Zwischentanks errichtet werden um die Abhängigkeit zwischen Transport und Traktor zu minimieren. Dieses Verfahren hat vor allem bei großen Feld-Hof Entfernungen und hauptsächlich dem überbetrieblichen Einsatz eine große Bedeutung. Negativ zu bewerten ist der hohe organisatorische Aufwand um eine dauerhafte Güllezufuhr zu gewährleisten (PÖLLINGER und PÖTSCH, 2000).



Abbildung 7: Befüllung eines Selbstfahrers beim absätzigen Gülleausbringungsverfahren (www.claas.de, 2012)

3. **Gülleverschlauchung:**

Bei diesem Verfahren wird laut den Autoren das Güllefass von einem Schlauch ersetzt. Dies hat eine große Bedeutung in der Berglandmechanisierung und vor allem bei Betrieben mit arrondierten Flächen. Da durch die Gewichtsreduktion und die Zugkraftreduktion die Hangtauglichkeit um ein Vielfaches erhöht wird, kann die Gülle auch bei feuchten Witterungsverhältnissen sicherer ausgebracht werden. Bei diesem System wird die Gülle über eine stationäre Güllepumpe und flexibel verlegten Gülleschläuchen direkt zu einem Fahrzeug (Traktor oder Metrac) mit angebautem Verteiler gepumpt. Ein Nachteil dieses Verfahrens stellt der hohe organisatorische Aufwand, nämlich dass man mindestens drei Hektar Fläche auf einmal zum Ausbringen zur Verfügung haben sollte, um die hohe Flächenleistung dieses Verfahrens ausnützen zu können, dar.



Abbildung 8: Gülleverschlauchung am Acker (www.landwirt.com)

1.7.2 Verteilerarten:

In den folgenden Ausführungen zu Verteilerarten wird nach PÖLLINGER und PÖTSCH (2000) zitiert.

Pralltellerverteiler:

Es gibt eine sehr breite Produktvielfalt im Bereich der Pralltellerverteiler. Bei den meisten Pralltellerverteilern trifft der aus einer Düse austretende Güllestrahl auf ein festes oder in der Neigung verstellbares Blech, welches die Gülle breitflächig verteilt. Je nach Bauart wird das Prallblech von unten oder von oben mit Gülle beschickt. Verteiler mit Obenbeschickung spritzen die Gülle in der Regel weiter und höher als jene mit Untenbeschickung, welche weniger breit, dafür aber bodennäher verteilen. Auch die Form der Prallbleche selbst ist je nach Hersteller sehr unterschiedlich ausgeführt.



Abbildung 9: Pralltellerverteiler mit Obenbeschickung (www.kowe.ch, 2012)

Vertikalverteiler:

Bei Vertikalverteilern wird die Gülle nicht nach hinten, sondern nach links und rechts quer zur Fahrtrichtung verteilt. Die Gülle prallt gegen ein gerades Blech oder eine gebogene Zunge und spritzt von dort in einem Winkel von 90 Grad vertikal nach unten und zur Seite. Auch die sogenannten Hochverteiler sind Vertikalverteiler. Hier ist ein senkrechtes Steigrohr befestigt welches je nach gewünschter Arbeitsbreite in der Höhe verstellbar ist.



Abbildung 10: Vertikalverteiler (www.odenwald-technik.de, 2012)

Pendelverteiler:



Pendelverteiler besitzen laut PÖLLINGER und PÖTSCH (2000) ein hin und her bewegendes Verteilorgan. Der Antrieb erfolgt entweder über die Traktorhydraulik, elektrisch oder direkt über den Güllestrom. Die Änderung der Bewegungsrichtung erfolgt durch zwei Anschlagbolzen an der Außenseite.

Abbildung 11: Pendelverteiler (www.traktorpool.de, 2012)

Schleppschlauchverteiler:

Beim Schleppschlauch wird die Gülle in Schläuche eingeleitet, die hinter dem Gerät über den Boden schleifen, und wird so direkt auf den Boden geleitet. Dieses Verfahren hat den besonderen Vorteil einer verminderten Geruchsbelästigung, sowie geringerer Verluste an Stickstoff. Zudem bietet diese Technik den Vorteil, dass wenn das Saatgut bereits aufgelaufen ist die grünen Teile der Pflanzen weniger mit der Gülle in Kontakt kommen und deshalb weniger verätzt werden. Für Grünland ist der Schleppschlauch weniger gut geeignet, da das Gras durch die Schläuche Schaden nehmen kann und die Gülle direkt auf das Gras aufgebracht wird, da der Bewuchs zu dicht ist, als dass die Gülle direkt auf den Boden gelangen könnte. Zudem ist die Ausbringung in Streifen ungleichmäßig und nicht alle Bereiche erhalten die gleiche Güllemenge (PÖLLINGER und PÖTSCH, 2000).



Abbildung 12: Schleppschlauchverteiler (www.briri.de, 2012)

Im folgenden Punkt werden wir auf die Bedeutung und technische Möglichkeiten der Güllehomogenisierung eingehen. Es handelt sich dabei um ein sehr zentrales Thema unserer Arbeit.

1.8 Güllehomogenisierung:

„In Zeiten fortgeschrittener Gülletechnik wird der gleichmäßigen Verteilung am Feld von am Betrieb produzierten Wirtschaftsdüngern, noch immer nicht genügend Beachtung geschenkt. Es nützt die beste Ausbringtechnik auf den Flächen sehr wenig, wenn die Nährstoffzusammensetzung der Gülle in den einzelnen Fassfüllungen bei der Ausbringung starke Unterschiede aufweist.

Die wohl wichtigste Aufgabe, um diesem Problem entgegenzuwirken, ist die völlige Homogenisierung der Gülle samt Auflösung der auftretenden Schwimm- und Sinkschichten. Durch den vermehrten Einsatz von Stroh in der biologischen Landwirtschaft und der artgerechten Tierhaltung verstärken sich die Probleme mit den genannten Schichten und nicht zuletzt verlangen immer größer werdende Güllebehälter auf den verbleibenden Betrieben auch nach neuer Technik. Die Vermischung der Gülle mit Wasser erleichtert die Homogenisierung und die gleichmäßige Verteilung der Nährstoffe. Sie ist für den Pflanzenbestand durch die rasche Verfügbarkeit der Nährstoffe und einer geringeren Gefahr der Futtermittelschmutzung von großer Wichtigkeit. Bei der Zugabe und Vermischung von Wasser sollte allerdings bedacht werden, dass sich dabei vor allem bei größeren Feld-Hofentfernungen die Anzahl der Fahren und damit auch die Kosten erhöhen. Der Kraftbedarf richtet sich natürlich nach Größe des Rührwerks. Für kleinere Mixer sind vorhandene Kleintraktoren von 20 bis 30 kW durchaus ausreichend. Die Mixerlängen variieren zwischen 3 m und 6 m. Mit Verlängerungen und Gelenkmixern sind auch mehr als 8 m möglich“ (ZENTNER, 2004).

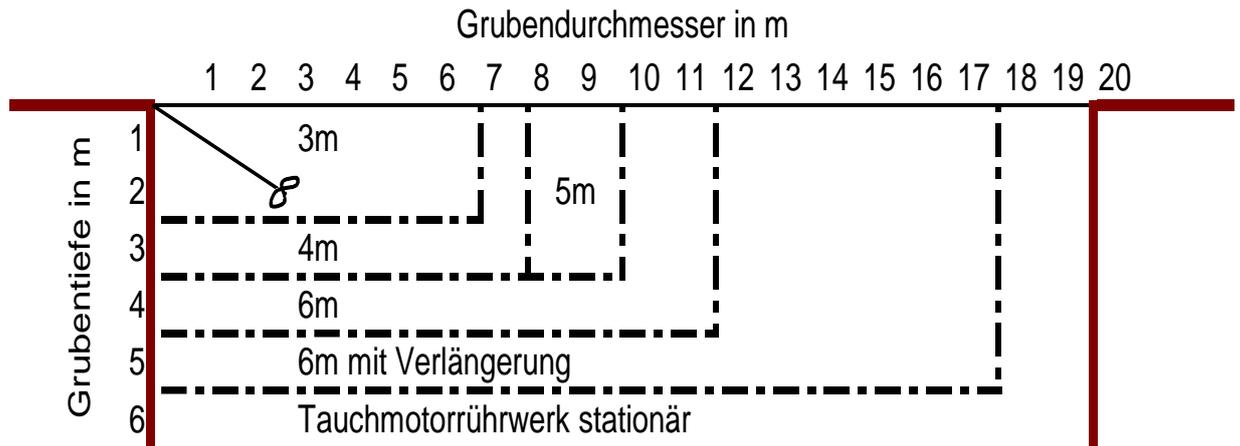


Abbildung 13: Benötigte Mixerlänge um befriedigende Homogenisierungswirkung zu erreichen. (Fa. Vakutec, 2004)

In *Abbildung 13* ist ersichtlich welche Rührstangenlänge ein Mixer benötigt um eine bestimmte Größe einer Güllegrube (Grubentiefe und Grubendurchmesser) in einer zufriedenstellenden Zeit und mit einer guten homogenisierenden Wirkung zu durchmischen.

2. Problemstellung:

Für eine ordnungsgemäße Gülleanwendung ist eine sorgfältige Homogenisierung unumgänglich. Aufgrund der zunehmenden Güllegrubenkapazitäten und des immer kleiner werdenden Arbeitskräftebesatzes auf den landwirtschaftlichen Betrieben reichen die alten Güllemixer nicht mehr aus, um die Gülle ordnungsgemäß zu homogenisieren. Es braucht im Durchmesser größere Rührflügel und leistungsfähigere Traktoren, um die Gülle im gleichen Zeitrahmen wie früher oder gar in kürzeren Zeiträumen homogenisieren zu können. Dies vor allem wenn man an die Güllelagunen denkt, die bereits deutlich über 1.000 m³ Lagervolumen aufweisen.

Einzelne Güllegerätehersteller haben in die Entwicklung neuer Rührflügel investiert und damit höhere Rührleistungen bewirkt. Die meisten Güllemixer wurden zweiflügelig gebaut. Mit der Entwicklung der neuen Rührflügel ergeben sich weitere Fragen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und des Leistungsbedarfes der angebotenen Güllemixer.

Inwieweit diese Entwicklung eine Verbesserung darstellt, ist noch nicht in einer vergleichenden Gegenüberstellung mit anderen Güllemixern geprüft worden. Weitere zu berücksichtigende technische Details, wie beispielsweise das Einfädeln durch kleine Grubenöffnungen hindurch, ist ebenfalls technisch unterschiedlich gelöst.

Die Praxis hat nicht die Möglichkeit die einzelnen Güllemixer auf ihre Unterschiede hin zu beurteilen. Mit derartigen Vergleichstests lassen sich Fehlinvestitionen vermeiden.

Wir wollen uns daher im Speziellen folgenden Themen widmen:

- Güllelager werden immer größer – angepasste Güllemixer sind erforderlich
- Von einem Hersteller wurde eine neue Rührflügelgeometrie entwickelt, zu der es noch keine offizielle Praxisbeurteilung bzw. Messung unter vergleichbaren Bedingungen gibt.
- Der Leistungsbedarf wird seitens der Firmen meist sehr niedrig angesetzt. Der tatsächliche Bedarf kann nur unter vergleichbaren Bedingungen festgestellt werden.
- Eine praktische Bewertung der einzelnen Güllemixer ist unbedingt notwendig.

3. Material und Methoden:

3.1 Messung der Zapfwellenleistung und der Schubkräfte:

Die Daten für das Drehmoment, die Drehzahl und die Leistung wurden über eine Leistungsmessnabe auf der Zapfwelle (siehe *Abbildung 14*) ermittelt. Diese Messnabe wurde als Zwischenstück zwischen Zapfwellenstummel und der Gelenkwelle montiert. Die Daten wurden an einen eigenen Rechner den „Cronos PL 2“ gesendet und zur Datenspeicherung an einen PC weitergeleitet. Auf dem PC wurde zeitgleich ein Diagramm erstellt welches alle erfassten Daten enthält. Hier musste auf die gleiche Abwinkelung einerseits zwischen Messnabe und Gelenkwelle und andererseits zwischen Gelenkwelle und Zapfwellenstummel des Mixers geachtet werden. Denn eine ungleiche Abwinkelung würde ein Schlagen auf der Messnabe verursachen und so die Messergebnisse verfälschen.

Die Messtechnik wurde vom Messtechnikteam der BLT Wieselburg unter der Leitung von Dipl.-HLFL-Ing. Manfred Nadlinger betreut, die Daten ausgewertet und für die Diplomarbeit zur Verfügung gestellt.



Abbildung 14: Am Zapfwellenstummel montierte Leistungsmessnabe (VASOLD, 2012)

Für die Messung der Zug- und Druckkräfte wurden eigens vom BLT Wieselburg angefertigte Unterlenker sowie Oberlenker (siehe *Abbildungen 15 und 16*) mit einem eingebauten DMS-Kraftaufnehmer montiert. Diese messen die Zug- und Druckkräfte in horizontaler und vertikaler Ebene. Außerdem messen sie die Winkelstellung der einzelnen Messorgane zur Waagrechten. Auch diese Daten wurden an den Cronos PL2 gesendet - an den PC weitergeleitet und gespeichert. Für ein exaktes und objektives Messergebnis dürfen die Unterlenker sowie der in Arbeitsstellung gebrachte Mixer nicht an einer Wand anstehen bzw. am Boden aufliegen. Denn sonst würde dies das Messergebnis verfälschen.



Abbildung 15: Am Traktor montierte Ober- und Unterlenker zur Datenerfassung (VASOLD, 2012)



Abbildung 16: Oberlenker zur Datenerfassung (VASOLD, 2012)

Der Cronos PL2 ist laut Herstellerangaben perfekt für die Messung am CAN-Bus geeignet und ermöglicht zusätzlich die Aufnahme von acht analogen Größen. Eine unabhängige Stromversorgung (USV) ermöglicht eine Überbrückung bei Spannungsausfällen und beendet bei längerem Netzausfall geordnet die Messung. Das Gerät kann auch über einen Handterminal bedient werden und verfügt auch über einen Modemanschluss. Außerdem verfügt der Cronos PL2 über eine Selbststartfähigkeit ohne PC und eine maximale Summenabtastrate von maximal 440 kHz.



Abbildung 17: Cronos PL2 (NADLINGER, 2012)

3.2 Messung der Fließgeschwindigkeit (Viskositätstest):

Die Viskosität der Gülle wurde mit dem Ausfließverhalten der Gülle aus einem Eimer indirekt bestimmt. Dazu wurde homogenisierte Gülle mit einem Eimer direkt aus der Grube entnommen und zum Herausfiltern der groben Strohanteile durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 1,3 cm x 1,3 cm geleert. Die entsiebte Gülle wurde anschließend in einen extra angefertigten Eimer geleert. Dieser Eimer (siehe *Abbildung 18*) hatte zwei Markierungen, die erste war 5 cm über dem Boden und die zweite weitere 20 cm darüber. Damit ergibt sich eine Nettofüllhöhe für die Messung von 15 cm, das entspricht einer Füllmenge von 6,93 l. Der gelbe Eimer wurde bis zur zweiten Markierung gefüllt und anschließend über ein am Boden befindendes Loch mit einem Durchmesser von 2 cm entleert. Das Loch wurde zum Befüllen mit einem Korken verschlossen. Nun wurde die Zeit gemessen welche die Gülle benötigt, um die erste Markierung zu erreichen. Dieser Vorgang wurde mindestens viermal pro Güllegrube durchgeführt und der Mittelwert genommen.



Abbildung 18: Eimer mit Sieb zur Viskositätsbestimmung (VASOLD, 2012)

3.3 Trockenmassebestimmung:

Zur Definition der Gülle wurde unter anderem eine Probe zur analytischen Bestimmung des Trockenmassegehaltes gezogen. Hierfür wurde die homogenisierte Gülle mit einem Eimer direkt aus der Güllegrube entnommen und in einen eigenen Behälter (siehe *Abbildung 19*) gefüllt. Dieser Behälter wurde sofort geschlossen und mit einem Aufkleber versehen, um jegliche Verwechslungen zu vermeiden. Anschließend wurde der Behälter im Labor in Gumpenstein analysiert.



Abbildung 19: Gülleprobenbehälter für die Trockensubstanzbestimmung (VASOLD, 2012)

3.4 Traktor:

John Deere 6430

Für die Messung der Zapfwellenleistung und der Schubkräfte wurde eine John Deere 6430 verwendet. Der Traktor wurde vom Landmarkt Technik-Center Aigen zur Verfügung gestellt. In *Tabelle 2* sind die technischen Daten des Traktors angeführt. Dieser Traktor wurde deshalb für die Leistungsmessung verwendet, da die BLT Wieselburg auf diesen Traktortyp angepasste Unterlenker gebaut hatte um die Schubkräfte der Güllemixer messen zu können.

Tabelle 2: Technische Daten John Deere 6430 (DLG Testzentrum, 2010)

Nennleistung	92 kW, 125 PS
Zapfwellenleistung	77,1 kW
Eigengewicht	4825 kg
Zapfwellen Übersetzungen	540, 540 E, 1000, 1000 E
Achslast gesamt	9000 kg
Max. Druck der Steuergeräte	200 bar
Hubraum	4530 m ³
Nenndrehzahl	2300 min ⁻¹

Für den Praxiseinsatz auf den Betrieben Kummer und Häusler wurde der Steyr 8080 a eingesetzt. Dieser Traktor besitzt eine Wegzapfwelle, mit der es möglich war die Drehrichtung der Rührflügel zu ändern. Die Technischen Daten hierfür sind in *Tabelle 3* aufgelistet.

Tabelle 3: Technische Daten Steyr 8080

Nennleistung	53 kW, 72PS
Eigengewicht	3300 kg
Zapfwellen Übersetzungen	540, 540 E, 1000, 1000 E
Hubraum	3456 m ³
Nenndrehzahl	2200 min ⁻¹

3.5 Güllemixer:

In *Tabelle 4* sind die wichtigsten technischen Daten der im Praxistest befindlichen Güllemixer aufgelistet. Für den Güllemixer der Fa. Kirchner konnten nicht alle notwendigen Daten erhoben werden, da die Firma offiziell nicht an dem Test teilnehmen wollte und deshalb auch keine zusätzlichen Daten zur Verfügung stellte. Die Länge, der Güllemixer (vom Zapfwellenstummel bis zur Rührflügelspitze), der Rührflügeldurchmesser und das Eigengewicht der Güllemixer (ohne Gelenkwelle) wurden am LFZ gemessen.

Tabelle 4: Technische Daten der getesteten Gülle (lt. Firmenangaben ¹⁾)

	Bauer	Vakutec	Reck	Kirchner
Länge	5300 mm	5400 mm	5120 mm	5340 mm
Gewicht (ohne Gelenkwelle)	370 kg	335 kg	380 kg	400 kg
Geeignet für Grubengrößen bis ¹⁾	1000 m ³	12 m	14- 16 m	k.D.
Geeignet für Grubentiefen bis ¹⁾	4 m	3 m	4 m	k.D.
Mindestens notwendige Grubenöffnung ¹⁾	800x800 mm	800x1000 mm	800x600 mm	k.D.
Notwendige Antriebsleistung ¹⁾	88/120 kW/PS (750 U/min)	65 kW (540U/min)	88/120 kW/PS	88/120 kW/PS
Notwendige Hydraulikanschlüsse ¹⁾	2 (Option zusätzlich 2)	1 x EW	1	1
Rührflügeldurchmesser	550 mm	600 mm	550 mm	500 mm

3.5.1 Bauer:

Von der Firma Bauer wurde der Güllemixer Type „MTXH3“ zur Verfügung gestellt. Dieser Mixer weist eine festigkeitsoptimierte Ausführung im optimalen Verhältnis bezüglich Belastbarkeit und Eigengewicht auf. Weiters war dies der einzige Mixer mit einem zusätzlichen Hydraulikzylinder für das bedienerfreundliche Schwenken der Rührstange direkt vom Traktor aus. Am Ende der 5 m langen Rührstange befand sich der Rührflügel, welcher mit Schneidkanten für die Zerkleinerung von langfasriger Gülle, versehen ist. Die einzelnen Rührflügelblätter hatten eine ovale Form und waren in sich nicht gekrümmt. Außen um den Rührflügel befand sich ein Ring, welcher ebenfalls den Schneideeffekt dieses Mixers verstärken soll. Die Rührstange kann wartungsfrei zwischengelagert werden und im Rührkopfgehäuse ist nur ein geringer Ölbedarf erforderlich.



Abbildung 20: Rührflügel der Firma Bauer (VASOLD, 2012)

3.5.2 Vakutec:

Die Firma Vakutec stellte ihren Güllemixer Type „TMH Profi 5m“ zur Verfügung. Dieser war der Leichteste unter den Testmixern und besitzt eine eigene Seilwinde, um beim Einfädeln des Güllemixers in die Güllegrube diesen stufenlos verstellen zu können. Außerdem ist der Rahmen des Güllemixers leicht gebogen, um eine größere Anzahl an Positionsvariationen beim Einstellen der optimalen Position in der Grube zu ermöglichen. Eine Besonderheit dieses Mixers ist sein Rührflügel, welcher einer Schiffsschraube ähnelt und durch diese Form auf maximalen Schub ausgelegt ist. Die Rührflügel dieser Bauart tragen die Bezeichnung „HE 19“ und „HE 25“ wobei die Abkürzung HE für „hoch effektiv“ steht und somit laut Herstellerangaben jedes eingesetzte kW Leistung in maximalen Schub umgewandelt wird.



Abbildung 21: Rührflügel der Firma Vakutec (VASOLD, 2012)

3.5.3 Reck:

Von der Firma Reck wurde der Einschwenk-Zapfwellenmischer Typ „Jaguar JRE-E“ zur Verfügung gestellt. Dieser Güllemixer besitzt einen Rührflügel, welcher einer Schiffsschraube nachempfunden wurde und so auf höhere Schubleistungen setzt. Der Mixer war der einzige, welcher über keine Seilwinde oder hydraulische Verstellung des Mixers zum Einfädeln in die Güllegrube verfügte. Er muss per Hand in der richtigen Position gehalten werden, falls der Mixer nicht voll ausgeschwenkt werden soll. Denn um ein Überschwenken des Mixers vorzubeugen, ist eine Kette montiert, welche den maximalen Anschlag vorgibt. Jedoch muss der Mixer auch wieder mit der Hand in die Arbeitsposition zurück gebracht werden.



Abbildung 22: Rührflügel der Firma Reck (VASOLD, 2012)

3.5.4 Kirchner:

Von Kirchner wurde der Güllemixer Type "TMH/A" mit einer Rührstangenlänge von 5 m für den Praxistest eingesetzt. Dieser dreiflügelige Güllemixer ist laut Firmenangaben besonders robust gebaut. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass dieser Güllemixer das höchste Eigengewicht aufweist (siehe *Tabelle 4*). Für den kurzen innerbetrieblichen Transport kann der Güllemixer auf dem Fahrgestell transportiert oder einfach eingeparkt werden. Das Vierkantrohr ist aus einem durchgehenden Stück gefertigt und besonders verwindungssteif. Je nach Bedarf steht eine ausschwenkbare Ausführung TMH/A für geschlossene Gruben oder eine starre Ausführung TMH/S für offene Güllegruben zur Verfügung. Die erforderliche Antriebsleistung ist vom gewählten Propeller abhängig und liegt für die Serienversion bei mindestens 80 PS. Für eine noch höhere Rührleistung steht ein weiterer Hochleistungspropeller zur Verfügung welcher ab 120 PS betrieben werden kann.



Abbildung 23: Rührflügel der Firma Kirchner (VASOLD, 2012)

3.6 Praxisbetriebe:

Für die Erhebungen auf den Praxisbetrieben wurden zwei Protokolle zur Charakterisierung der Betriebe und der zu homogenisierenden Gülle ausgefüllt. Abgefragt wurden die Größe der Tierbestände, die Aufstellungsart und der Strohanteil in der Gülle. Diese Faktoren haben den größten Einfluss auf die Güllekonsistenz.

Am Betrieb A wurde der Güllemixer der Fa. Vakutec zum Einsatz gebracht. Die Gülle einer 540 m³ großen Güllegrube musste auf diesem Betrieb homogenisiert werden. Die extrem dicke Schwimmdecke von ca. 1,3 m Stärke erklärt sich daraus, dass im Vorjahr die Schwimmdecke nicht völlig aufgelöst werden konnte und damit bereits zu Beginn der Winterfütterungsperiode vorhanden war. Der Güllemixer musste von verschiedenen Richtungen in die Güllegrube eingestochen werden, damit eine vollkommene Homogenisierung möglich war. Die Abwinkelung variierte zwischen 18° und 28° und lag damit noch im von der Firma geforderten Bereich.

Die erste Grube am Betrieb B wurde vom Mixer der Firma Kirchner homogenisiert. Für die Grube wurde der Traktor Steyr 8080 verwendet. Nach 15 Minuten wurde die komplette Schwimmdecke von 40 cm Stärke aufgemixt. Die relativ kurze Mixzeit ist darauf rückzuführen, dass der Betrieb das Reinigungswasser vom Melkstand in die Grube fließen lässt und dadurch der Verdünnungsgrad hoch ist. Die Abwinkelung von 22,8° wurde für den gesamten Mixvorgang beibehalten.

Die zweite Grube am Betrieb B wurde vom Mixer der Firma Vakutec homogenisiert. Für die vollständige Homogenisierung der 200 m³ großen Grube mit einer 40 cm starken Schwimmdecke benötigte der Steyr 8080 ca. 35 Minuten. Die Abwinkelung von 19,2° wurde nur einmal eingestellt da sie durch das kleine Einstechloch, von nur 1,2 m x 1,2 m, nicht sehr variabel ist. Für das Einfädeln des Mixers in die Grube wurde die Winde verwendet.

Die Grube vom Betrieb C mit einer 30 cm starken Schwimmdecke wurde vom Mixer der Firma Reck in 16 Minuten aufgemixt. Die relativ kurze Aufmixzeit ist darauf zurückzuführen, dass der Betrieb das Reinigungswasser vom Melkstand in die Grube fließen lässt und dadurch der Verdünnungsgrad hoch ist. Auch für die 150 m³ große Grube wurde der Traktor Steyr 8080 verwendet. Die Abwinkelung von 26,7° blieb für den gesamten Vorgang gleich.

4. Ergebnisse und Diskussion:

4.1 Viskositätstest:

In *Tabelle 5* ist ersichtlich, wie fließfähig die Gülle der jeweiligen Güllegruben ist und es können indirekt auch Rückschlüsse dahingehend gezogen werden, wie hoch der Wasseranteil in der Gülle ist. Je länger die Zeitangaben sind, desto dickflüssiger ist die Gülle. Laut dieser Tabelle ist die Gülle des Betriebes B in der ersten Grube am dicksten und die Gülle des Betriebes F ist am dünnsten, da sie die kürzeste Zeit benötigte um den im Kapitel „Material und Methoden“ angezeichneten Messbereich zu überwinden.

Tabelle 5: Ergebnisse der selbst durchgeführten Viskositätstests (Angaben in sec.)

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Durchschnitt
Betrieb A	20,3	23,0	19,3	20,9	20,9
Betrieb B Grube 1	23,6	23,4	23,0	23,1	23,3
Betrieb B Grube 2	22,9	22,5	22,4	-	22,6
Betrieb C	20,6	20,2	20,1	20,0	20,2
Betrieb D	22,4	22,2	21,9	22,8	22,3
Betrieb E	Hier wurden keine Proben gemacht. Nur Praxistauglichkeitstest.				
Betrieb F	19,6	18,4	19,6	18,5	19,0

4.2 Laboranalyse:

In *Tabelle 6* werden die Ergebnisse des Viskositätstests durch die Laborbestimmungen der Gülleproben bestätigt. Aus diesen Laborbestimmungen ist ersichtlich, dass jene Gülle die oben bereits als die dickflüssigste Gülle definiert wurde, hier durch den größten Trockenmassegehalt hervorgeht. Die Gülle des Betriebes F weist hier den geringsten Trockenmassegehalt auf und bestätigt so ebenfalls den Viskositätstest.

Tabelle 6: Laborbestimmungen der Gülleproben

Probe	Nummer	TM	Asche	pH-wert
Rindergülle Betrieb A	LT 4	69,9	14,80	x
Rindergülle Betrieb B 1	LT 6	110,7	35,72	7,29
Rindergülle Betrieb B 2	LT 7	77,5	15,94	6,79
Rindergülle Betrieb C	LT 8	73,1	16,80	6,77
Rindergülle Betrieb D	LT 5	88,7	x	x
Rindergülle Betrieb F	LT 1	49,5	11,88	7,03
Rindergülle Betrieb F	LT 2	45,3	12,26	7,07
Rindergülle Betrieb F	LT 3	45,9	12,70	7,04

4.3 Praxistest:

In *Tabelle 7* sind die Argumente der Praktiker, die die Güllemixer auf ihren eigenen Betrieben im Einsatz hatten zusammengefasst. Die Parameter „Einfädeln in die Güllegrube“, die Rührwirkung und die Bedienung wurden von den Praktikern getrennt bewertet. Letztlich wurden die Vor- und Nachteile der Güllemixer tabellarisch gegenüber gestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Praxistests der jeweiligen Mixer

Firmen	Bauer	Vakutec	Reck	Kirchner
Parameter/ Typ	MTXH 5m	TMH Profi 5m	Jaguar Rührstange / JRE- E	TMH/A 50
Einfädeln in die Güllegrube	+++ alleine möglich mittels Hydraulik	++ alleine nur bei guter vorherige Einstellung gut möglich	+ keine Führung des Rohres Begrenzung mit Kette	+ wenig Spielraum, schwierig bei sehr engen Öffnungen
Vergleich zu 2-flügeligem Güllemixer - Rührwirkung	+	+++	+++	+
Mixer in Arbeitsposition bringen - einklappen	+++ hydraulisch bedienbar	- Verriegelung geht schwer Haken müssen auf der richtigen Seite sein	-- lässt sich bei Schwimmdecke nicht mehr einrasten	+ geht einfach
Vorteile	+ hydraulisch klappbar Ein-Mann- bedienung + Verriegelung	+ lässt sich gut einfädeln + sehr gute Rührleistung + einfache Bedienung	+ einfache Bedienung + sehr gute Rührleistung	+ Fahrgestell lässt sich gut verstauen + einfache Bedienung mehr Platz
Nachteile	- Zylinder ungeschützt	- rastet schwer ein, Verriegelungs- hebeln auf der falschen Seite	- händisches Einrasten - Einrasten bei Schwimmdecke nicht möglich	- Rührleistung weniger gut - Einfädeln braucht mehr Platz

Der Mixer der Firma Bauer Type „MTXH“ weist beim Einfädeln in die Güllegrube die beste Praxistauglichkeit auf, da dies durch den Hydraulikzylinder alleine und ohne Absteigen vom Traktor möglich ist. Durch den Hydraulikzylinder ist das Einklappen des Mixers sehr bedienerfreundlich. Die Rührwirkung dieses Mixers ist im Vergleich zu einem zweiflügeligen Güllemixer als keine eindeutige Verbesserung zu bewerten. Einerseits ist die hydraulische Klappbarkeit der größte Vorteil dieses Mixers, andererseits muss der Zylinder auf eine geschütztere Position verlegt werden um nicht so anfällig gegenüber Beschädigungen zu sein. Weiters ist die Verriegelung, die sehr zuverlässig funktioniert, ein weiterer positiver Aspekt.

Der Mixer der Firma Vakutec Type „TMH Profi“ weist beim Einfädeln in die Güllegrube nach dem Bauer Mixer die beste Praxistauglichkeit auf. Da dieser Mixer nur eine Winde besitzt und keinen Hydraulikzylinder, ist das Einfädeln nur mit einer guten Voreinstellung oder mit einem zweiten Mann, der die Winde betätigt, möglich. Das Einklappen in die Arbeitsposition ist für diesen Mixer als Schwachpunkt zu bewerten, da die Verriegelung sehr schwer aufgeht und beim Verschließen müssen die Haken auf der richtigen Seite sein. Die Rührwirkung dieses Mixers ist im Vergleich zu einem zweiflügeligen Güllemixer als eine eindeutige Verbesserung zu bewerten. Die Vorteile dieses Mixers sind die sehr gute Rührleistung, die einfache Bedienung und das einfache Einfädeln in die Güllegrube. Der Nachteil dieses Mixers ist eindeutig die zu schwer bedienbare Verriegelung.

Der Mixer der Firmer Reck Type „Jaguar JRE-E“ wird beim Einfädeln in die Güllegrube als mäßig geeignet eingestuft, da das Mixerrohr durch eine zweite Person in der richtigen Neigung gehalten werden muss und dieser Schritt somit alleine nicht möglich ist. Das Einklappen in die Arbeitsposition ist für diesen Mixer als sehr schlecht zu bewerten, da bei starken Schwimmdecken dies nur schwer möglich ist, da er mit der Hand wieder in die Arbeitsposition zurückgedrückt werden muss. Die Rührwirkung dieses Mixers ist im Vergleich zu einem zweiflügeligen Güllemixer mit einer eindeutigen Verbesserung zu bewerten. Die Vorteile dieses Mixers sind die einfache Bedienung und die sehr gute Rührleistung. Der größte Nachteil ist das händische Einrasten in die Arbeitsposition, was bei zu starken Schwimmdecken nur sehr schwer möglich ist.

Der Mixer der Firmer Kirchner Type „TMH/A 50“ wird beim Einfädeln in die Güllegrube als mäßig geeignet eingestuft, da nur sehr wenig Spielraum bei engen Öffnungen besteht. Das Einklappen in die Arbeitsposition ist für diesen Mixer als Pluspunkt zu bewerten, da dies sehr einfach funktioniert. Die Rührwirkung dieses Mixers ist im Vergleich zu einem zweiflügeligen Güllemixer als keine eindeutige Verbesserung zu bewerten. Die Vorteile dieses Mixers liegen im Fahrgestell, das den Transport in der Lagerhalle erleichtert und beim Mixen abgebaut wird. Die Nachteile sind die schlechtere Rührleistung und der erhöhte Platzverbrauch beim Einfädeln.

In der *Abbildung 24* ist eine typische Messaufnahme im Praxiseinsatz zu sehen. Im konkreten Fallbeispiel wurde der Güllemixer konstant bei einer Drehzahl von 650 U/min betrieben. Die Einbrüche beim gemessenen Drehmoment und beim Leistungsbedarf sind auf das „Luftansaugen“ zurückzuführen und wurden bei der Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt.

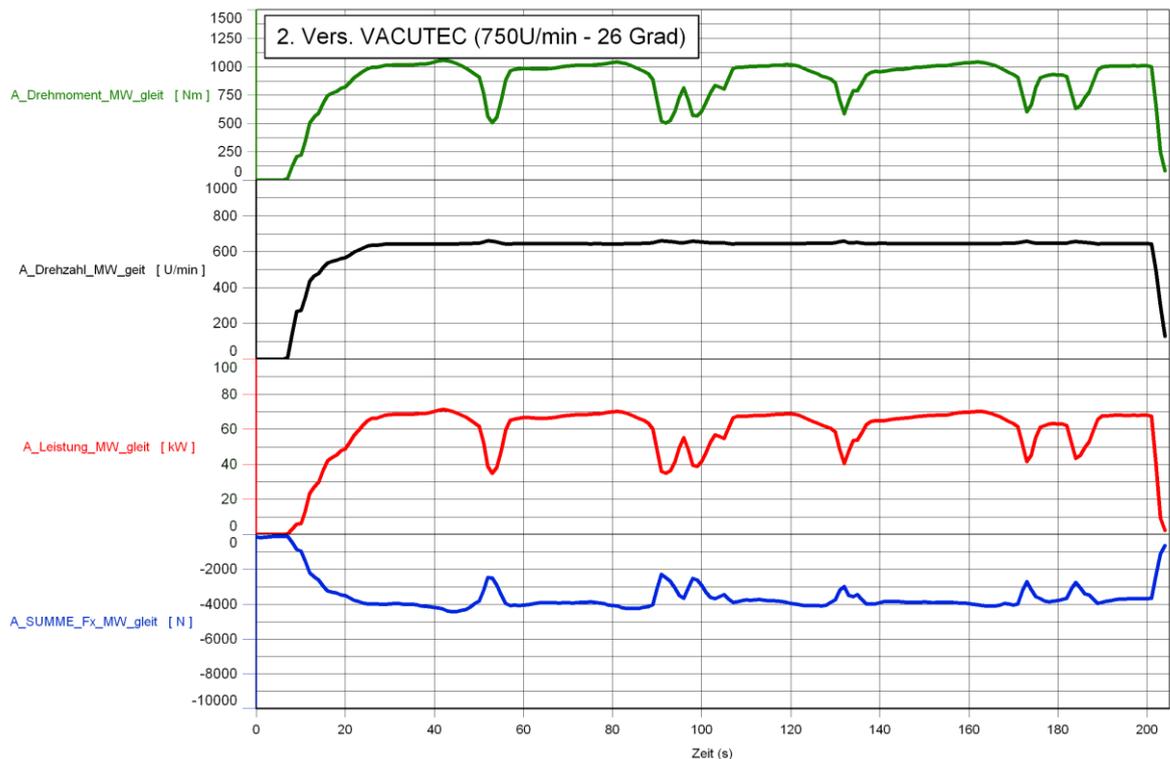


Abbildung 24: Drehmoment (Nm), Drehzahl (U/min), Leistungsbedarf (kW) und Schubkräfte (N) am Messdiagramm der BLT Wieselburg vom Güllemixer Vakutec, Güllemixervergleichstest 2012

Die Schubkräfte werden als Summenkraft der einzelnen Messaufnehmer in Newton (N) angegeben. Sie sind ein indirektes Maß für die Rührleistung der Güllemixer.

4.4 Messdatenergebnisse:

Die vom Messgerät (Conos PL2) ermittelten Daten ergaben bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min und einer tatsächlichen Drehzahl von 550 U/min folgende Ergebnisse:

Tabelle 8: Drehmoment, und erforderlicher Leistungsbedarf bei einer Zapfwelldrehzahl von 540 U/min bei den unterschiedlichen Güllemixern, Praxistest 2012.

540 U/min				
	Bauer	Vakutec	Reck	Kirchner
Drehmoment (Nm)	625	750	950	750
Drehzahl (U/min)	550	550	550	550
Leistung (kW)	35	40	53	45
Schubkräfte (N)	4.000	3.500	4.000	1.500

Der Mixer der Firma Bauer erwies sich als jener mit den geringsten Leistungsanforderungen. Er benötigte ein Drehmoment von 625 Nm und eine Leistung von 35 kW, dies entspricht 48 PS. Das ist umso erstaunlicher, als dieser Mixer zwar offensichtlich den geringsten Leistungsbedarf aufweist, andererseits in der Rührleistung zwischen jener von Kirchner und Reck bzw. Vakutec zu liegen scheint.

Tabelle 9: Drehmoment und erforderlicher Leistungsbedarf bei einer Zapfwellendrehzahl von 750 U/min bei den unterschiedlichen Güllemixern, Praxistest 2012.

750 U/min				
	Bauer	Vakutec	Reck	Kirchner
Drehmoment (Nm)	875	1.000	1.200	1.125
Drehzahl (U/min)	650	650	650	650
Leistung (kW)	60	70	81	78
Schubkräfte (N)	7.000	4.000	4.800	3.000

Der Mixer der Firma Bauer erwies sich auch mit der Zapfwelleneinstellung von 750 U/min als jener mit den geringsten Leistungsanforderungen. Er benötigte ein Drehmoment von 875 Nm und eine Leistung von 60 kW, dies entspricht 82 PS. Sehr bemerkenswert ist auch, dass er mit dem geringsten Leistungsbedarf die größten Schubkräfte von 7.000 N aufweist. Die Schubkräfte sind auf den *Abbildungen 23 - 31* auch als Summe (blaue Linie) bezeichnet worden, da sich diese aus der Summe der Schubkräfte der beiden Unterlenker und des Oberlenkers ergeben.

5. Zusammenfassung:

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein wurden in Zusammenarbeit mit dem Technikteam des Fortschrittlichen Landwirtes, Graz und dem Messtechnikteam der BLT Wieselburg unter der Leitung von Dipl.-HFLF-Ing. Manfred Nadlinger, vier verschiedene Güllemixer von den Firmen Bauer, Kirchner, Reck und Vakutec getestet. Gemessen wurde der Leistungsbedarf an der Zapfwelle bei zwei unterschiedlichen Zapfwelenumdrehungen (550 und 650 U/min) und die dabei entstehenden Schubkräfte in einer Güllegrube bei ungefähr gleichbleibendem Neigungswinkel der Güllemixer in die Gülleoberfläche.

Weiters wurden die Güllemixer auf vier verschiedenen Praxisbetrieben eingesetzt und die Handhabung sowie die Rührleistung optisch beurteilt. Angetrieben wurden die Güllemixer bei der Vergleichsmessung von einem JD 6430 mit 88 kW Motorleistung.

Der Güllemixer von Bauer zeigte zwar optisch nicht die größte Rührleistung, er lag dabei hinter den Güllemixern der Firma Reck und Vakutec, wies aber den geringsten Leistungsbedarf (60 kW) bei gleichzeitig höchsten Schubkräften auf (7.000 N). Somit wurde der optische Eindruck widerlegt. Den höchsten Leistungsbedarf wies der Güllemixer der Firma Reck mit 81 kW bei 650 U/min auf. Der Güllemixer der Firma Kirchner wies die geringsten Schubkräfte bei mittlerem Leistungsbedarf sowohl bei 550 als auch bei 650 U/min auf.

Bei den Praxistests erwies sich der Mixer der Firma Bauer am bedienerfreundlichsten, da dieser über einen Hydraulik- Zylinder von einem Mann sehr gut in die Güllegrube eingefädelt werden kann. Auch der Güllemixer der Firma Vakutec erhielt ein sehr gutes Feedback von den Praktikern, denn auch er überzeugte durch seine einfache und praktische Handhabung und die Rührwirkung. Der Güllemixer der Firma Reck weist zwar eine gute Rührwirkung auf, jedoch ist das Einfädeln dieses Mixers alleine nur schwer möglich. Durch die sehr gerade Ausführung des Mixers der Firma Kirchner ist dieser Mixer für kleinere Grubenöffnungen nur bedingt geeignet.

Ausblick: Um eine verbesserte Praxisbewertung durchführen zu können, wären weitere vergleichende Praxiseinsätze bei unterschiedlichen Güllearten (Schweinegülle) wünschenswert.

6. Abstract:

For our degree dissertation we tested four types of slurry mixers from four different companies: Bauer, Vakutec, Reck and Kirchner. We tested in practice how much power each mixer needed to achieve good results, how much thrust each mixer gave to the tractor, and the visual quality of the mix results.

The results: The Bauer mixer needed the least power (66 kW), but this mixer gave the most thrust (7000 N) to the tractor and did not have the best visual mixing results. The Vakutec mixer was in the midfield of the results of the measured data. The mixers from the companies Vakutec and Reck had the best visual results because these mixers have a special form of agitator blades which resemble the propeller of a ship. The Reck mixer needed the most power (81 kW). The Kirchner mixer had least thrust and was in the midfield regarding power.

During the practical tests, the Bauer mixer was the only one that could move alone very easily in the slurry pit because this mixer was the only one that had a hydraulic cylinder to swivel the mixer. But the Vakutec mixer also got a very good feedback; because of its lightly bent execution it is also easy to carry it into the slurry pit. The Reck mixer had very good mixing results, but it is not easy to bring it back in the working position because this must be done by hand. The Kirchner mixer is not very well suited for pits with a small opening for the mixer because it has a very straight construction.

7. Literaturverzeichnis:

FRITZ, R., (2011): Trockensubstanzgehalte und Wirksamkeit. Vortragsmanuskript am LFZ Raumberg-Gumpenstein, Fritz Rudolf, Organische Düngung Seite 1- 2.

PRÖLL, A., (2008): Nitrat- Aktionsprogramm. Ziele, S/1- 2.

PÖLLINGER, A. und PÖTSCH, E., (2000): Fortschrittlicher Landwirt. Optimale Technik zur Flüssigmistausbringung. Sonderbeilage. Seite 7- 10.

PÖLLINGER, A., (2012): Mündliche Mitteilung, LFZ Raumberg-Gumpenstein. Irdning

PÖTSCH, E. (2007): Güllezusätze und Güllebelüftung. S. 1- 2.

ZENTNER, E. (2004): Welcher Güllemixer passt zu meinem Betrieb. S/ 1- 5.

ZÄHNER, M., KECK, M. und HILTY, R. (2005): FAT Bericht Nummer 641. Ammoniak- Emissionen von Rindviehställen. S/1.

GALLER, J. (2009): Wirtschaftsdünger (Anfall, Lagerung, Verwertung, Umwelt). S/7-8

8. Abbildungsverzeichnis:

<i>Abbildung 1:</i> Güllegrube mit Zaunschutzz 11 m Durchmesser, 4 m Höhe9 (http://www.lehnerbau.at/page.asp/1075.htm , 2012).....9	9
<i>Abbildung 2:</i> Güllelagune (http://www.vielfaltleben.at/imagecatalogue/imageview/60635/?SectionIDOverride=120 , 2012)..... 10	10
<i>Abbildung 3:</i> 2- Kanalsystem eines Güllekellers 11 (http://cont.guelleruehrwerke.de/web5/html/cms/front_content.php?idcat=81 , 2012 11	11
<i>Abbildung 4:</i> Gülleslalomsystem 11 (http://cont.guelleruehrwerke.de/web5/html/cms/front_content.php?idcat=112 , 2012)..... 11	11
<i>Abbildung 5:</i> Stickstoffverluste je nach Ausbringungszeitpunkt (www.nw.ch , 2012) 13	13
<i>Abbildung 6:</i> Kontinuierliche Ausbringung mit Gülledruckfass20 (www.agrigate.ch , 2012)20	20
<i>Abbildung 7:</i> Befüllung eines Selbstfahrers beim absätzigen Gülleausbringungsverfahren (www.claas.de , 2012).....21	21
<i>Abbildung 8:</i> Gülleverschlauchung am Acker (www.landwirt.com).....22	22
<i>Abbildung 9:</i> Pralltellerverteiler mit Obenbeschickung (www.kowe.ch , 2012)23	23
<i>Abbildung 10:</i> Vertikalverteiler (www.odenwald-technik.de , 2012).....24	24
<i>Abbildung 11:</i> Pendelverteiler (www.traktorpool.de , 2012)24	24
<i>Abbildung 12:</i> Schleppschlauchverteiler (www.briri.de , 2012)25	25
<i>Abbildung 13:</i> Benötigte Mixerlänge um befriedigende Homogenisierungswirkung zu erreichen. (Fa. Vakutec, 2004)27	27
<i>Abbildung 14:</i> Am Zapfwellenstummel montierte Leistungsmessnabe29 (VASOLD, 2012)29	29
<i>Abbildung 15:</i> Am Traktor montierte Ober- und Unterlenker zur Datenerfassung .30 (VASOLD, 2012)30	30
<i>Abbildung 16:</i> Oberlenker zur Datenerfassung (VASOLD, 2012).....30	30
<i>Abbildung 17:</i> Cronos PL2 (NADLINGER, 2012)31	31
<i>Abbildung 18:</i> Eimer mit Sieb zur Viskositätsbestimmung (VASOLD, 2012).....32	32

<i>Abbildung 19: Glleprobenbehlter für die Trockensubstanzbestimmung</i>	33
(VASOLD, 2012)	33
<i>Abbildung 20: Rührflügel der Firma Bauer</i> (VASOLD, 2012)	36
<i>Abbildung 21: Rührflügel der Firma Vakutec</i> (VASOLD, 2012)	37
<i>Abbildung 22: Rührflügel der Firma Reck</i> (VASOLD, 2012)	38
<i>Abbildung 23: Rührflügel der Firma Kirchner</i> (VASOLD, 2012)	39
<i>Abbildung 24: Drehmoment (Nm), Drehzahl (U/min), Leistungsbedarf (kW) und Schubkräfte (N) am Messdiagramm der BLT Wieselburg vom Güllemixer Vakutec, Gllemixervergleichstest 2012</i>	47
<i>Abbildung 25: Messergebnisse des Mixers der Firma Bauer bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min</i>	60
<i>Abbildung 26: Messergebnisse des Mixers der Firma Vakutec bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min</i>	61
<i>Abbildung 27: Messergebnisse des Mixers der Firma Reck bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min</i>	61
<i>Abbildung 28: Messergebnisse des Mixers der Firma Kirchner bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min</i>	62
<i>Abbildung 29: Messergebnisse des Mixers der Firma Bauer bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min</i>	62
<i>Abbildung 30: Messergebnisse des Mixers der Firma Vakutec bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min</i>	63
<i>Abbildung 31: Messergebnisse des Mixers der Firma Reck bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min</i>	63
<i>Abbildung 32: Messergebnisse des Mixers der Firma Kirchner bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min</i>	64

9. Tabellenverzeichnis:

<i>Tabelle 1:</i> Nährstoffgehalte in Gülle und Jauche in kg/m ³ (http://www.effizientduengen.de/files/guelle.php , 22.02.2012)	7
<i>Tabelle 2:</i> Technische Daten John Deere 6430 (DLG Testzentrum, 2010).....	34
<i>Tabelle 3:</i> Technische Daten Steyr 8080	34
<i>Tabelle 4:</i> Technische Daten der getesteten Gülle (lt. Firmenangaben ¹⁾)	35
<i>Tabelle 5:</i> Ergebnisse der selbst durchgeführten Viskositätstests (Angaben in sec.)	42
<i>Tabelle 6:</i> Laborbestimmungen der Gülleproben	43
<i>Tabelle 7:</i> Ergebnisse der Praxistests der jeweiligen Mixer	44
<i>Tabelle 8:</i> Drehmoment, und erforderlicher Leistungsbedarf bei einer Zapfwellendrehzahl von 540 U/min bei den unterschiedlichen Güllemixern, Praxistest 2012.	48
<i>Tabelle 9:</i> Drehmoment und erforderlicher Leistungsbedarf bei einer Zapfwellendrehzahl von 750 U/min bei den unterschiedlichen Güllemixern, Praxistest 2012.	49
<i>Tabelle 10:</i> Güllegrubendaten des Betriebes A.....	56
<i>Tabelle 11:</i> Messungen des Mixvorganges am Betrieb A	57
<i>Tabelle 12:</i> Güllegrubendaten des Betriebes B der ersten Grube.....	57
<i>Tabelle 13:</i> Messungen des Mixvorganges am Betrieb B in der ersten Grube	58
<i>Tabelle 14:</i> Güllegrubendaten des Betriebes B der zweiten Grube.....	58
<i>Tabelle 15:</i> Messung des Mixvorganges am Betrieb B in der zweiten Grube	59
<i>Tabelle 16:</i> Güllegrubendaten des Betriebes C.....	59
<i>Tabelle 17:</i> Messungen des Mixvorganges am Betrieb C	59

10. Anhang:

10.1 Güllegrubendaten und Messungen während der Mixvorgänge:

Tabelle 10: Güllegrubendaten des Betriebes A

Betrieb	Betrieb A
Art der Güllegrube (offen, geschlossen, rund, eckig)	rund und geschlossen, Gülle wird direkt vom Laufgang in die Güllegrube geschoben
Güllegrube/Größe in m ³	540 m ³
Güllegrube/Tiefe in m	4
Güllegrube/Durchmesser in m	13,5 m
Schwimmdeckenstärke in cm	130 cm
Aufstellungsart (Tief-, Hochboxen)	Tiefboxen mit Schrappentmistung
Jungvieh/Stk.	7 trächtige Kalbinnen
Mutterkuh/Stk.	0
Milchvieh/Stk.	33
Kälber/Stk.	0
Strohanteil in der Gülle	Hoher Strohanteil, kurz geschnittenes Stroh
Wasserzusatz	Im Winter nur Melkstandwasser
Anmerkungen zur Durchführung der Homogenisierung	Verschiedene Einstechrichtungen der Güllemixer waren notwendig
Verwendeter Traktor	New Holland Type, 81 kW
Verwendeter Güllemixer	Vakutec

Tabelle 11: Messungen des Mixvorganges am Betrieb A

	Datum	Probe- nummer	Firma	Neigungswinkel/ Gülmixer	Traktor	Zeit	Zapfwellen- drehzahl
Betrieb A	16.3. 2012	4	Vakutec	28°	New Holland	20 min	630 U/min
Betrieb A	16.3. 2012	4	Vakutec	23°	New Holland	15 min	570 U/min
Betrieb A	16.3. 2012	4	Vakutec	26°	New Holland	20 min	620 U/min
Betrieb A	16.3. 2012	4	Vakutec	18°	New Holland	20 min	560 U/min
Betrieb A	16.3. 2012	4	Vakutec	22°	New Holland	65 min	580 U/min

Tabelle 12: Güllegrubendaten des Betriebes B der ersten Grube

Betrieb	Betrieb B 1
Art der Güllegrube (offen, geschlossen, rund, eckig)	rund und geschlossen
Güllegrube/Größe in m ³	120 m ³
Güllegrube/Tiefe in m	3 m
Güllegrube/Durchmesser in m	7 m
Schwimmdeckenstärke in cm	40 cm
Aufstellungsart (Tief-, Hochboxen)	Tiefboxen mit Spaltenboden
Jungvieh/Stk.	-
Mutterkuh/Stk.	-
Milchvieh/Stk.	28
Kälber/Stk.	-
Strohanteil in der Gülle	Stroh kurz geschnitten
Verdünnungsgrad in der Gülle	Melkstandwasser
Anmerkungen zur Güllegrube	Nur eine Einstechrichtung möglich
Anmerkungen zum Betrieb	Milchviehbetrieb

Tabelle 13: Messungen des Mixvorganges am Betrieb B in der ersten Grube

Betrieb	Datum	Probennummer	Firma	Neigungswinkel/ Güllemixer	Traktor	Zeit	Zapfwellen- drehzahl	Anmer- kungen
Betrieb B 1	2.4. 2012	6	Vakut ec	19,2°	Steyr 8080	35 min	1.Gang Schnelle Gruppe	2200 Motor- drehzahl

Tabelle 14: Güllegrubendaten des Betriebes B der zweiten Grube

Betrieb	Betrieb B 2
Art der Güllegrube (offen, geschlossen, rund, eckig)	Rund und geschlossen
Güllegrube/Größe in m ³	200 m ³
Güllegrube/Tiefe in m	3m
Güllegrube/Durchmesser in m	10 m
Schwimmdeckenstärke in cm	40 cm
Aufstellungsart (Tief-, Hochboxen)	8 Stück auf Tretmist der Rest Liegeboxen mit Schrapper
Jungvieh/Stk.	40 (150-650 kg)
Mutterkuh/Stk.	-
Milchvieh/Stk.	-
Kälber/Stk.	-
Strohanteil in der Gülle	Sägespäne
Verdünnungsgrad in der Gülle	-
Anmerkungen zur Güllegrube	Nur eine Einstechrichtung, Loch 1,2m x 1,2m
Anmerkungen zum Betrieb	Stall für die Nachzucht

Tabelle 15: Messung des Mixvorganges am Betrieb B in der zweiten Grube

Betrieb	Datum	Probennummer	Firma	Neigungswinkel/ Gülmixer	Traktor	Zeit	Zapfwelldrehzahl	Anmerkungen
Betrieb B 2	2.4. 2012	7	Kirchner	22,8°	Steyr 8080	15 min	1.Gang Schnelle Gruppe	2200 Motor- drehzahl

Tabelle 16: Güllegrubendaten des Betriebes C

Betrieb	Betrieb C
Art der Güllegrube (offen, geschlossen, rund, eckig)	rund und geschlossen
Güllegrube/Größe in m ³	150 m ³
Güllegrube/Tiefe in m	3
Güllegrube/Durchmesser in m	8,5 m
Schwimmdeckenstärke in cm	30 cm
Aufstellungsart (Tief-, Hochboxen)	Tiefboxen
Jungvieh/Stk.	-
Mutterkuh/Stk.	-
Milchvieh/Stk.	20
Kälber/Stk.	-
Strohanteil in der Gülle	Kurz geschnittenes Stroh
Verdünnungsgrad in der Gülle	Melkstandwasser
Anmerkungen zur Güllegrube	Nur eine Einstechrichtung
Anmerkungen zum Betrieb	Milchviehbetrieb

Tabelle 17: Messungen des Mixvorganges am Betrieb C

Betrieb	Datum	Probennummer	Firma	Neigungswinkel/ Gülmixer	Traktor	Zeit	Zapfwelldrehzahl	Anmerkungen
Betrieb C	2.4. 2012	8	Reck	26,7°	Steyr 8080	16 min	1.Gang Schnelle Gruppe	2200 Motor- drehzahl

10.2 Diagramme der Messdaten:

Die folgenden Abbildungen zeigen die Datenquelle der *Tabellen 8 und 9*. In diesen Abbildungen zeigt die grüne Linie den Verlauf des Drehmoments in Nm, die schwarze Linie zeigt den Verlauf der Drehzahl in U/min, die rote Linie zeigt den Verlauf der Leistung in kW und die blaue Linie zeigt den Verlauf der Summe der Schubkräfte der beiden Unterlenker sowie des Oberlenkers.

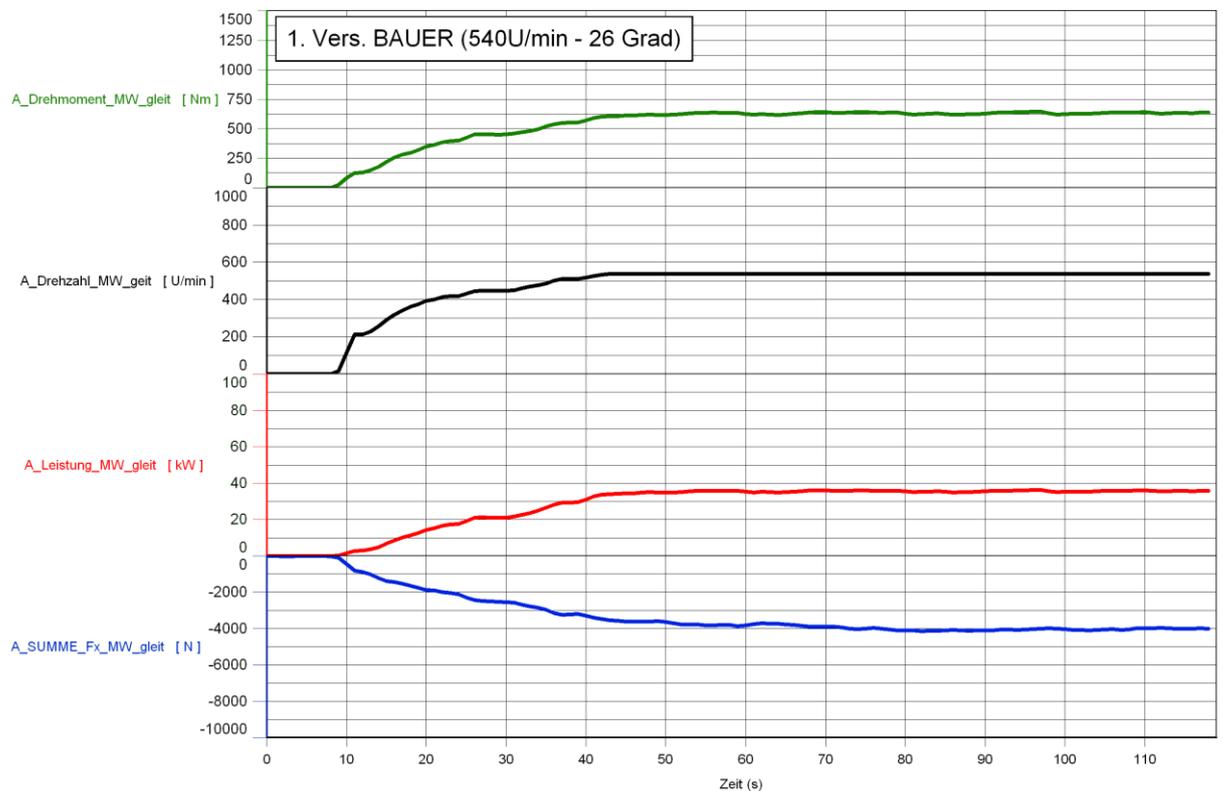


Abbildung 25: Messergebnisse des Mixers der Firma Bauer bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min

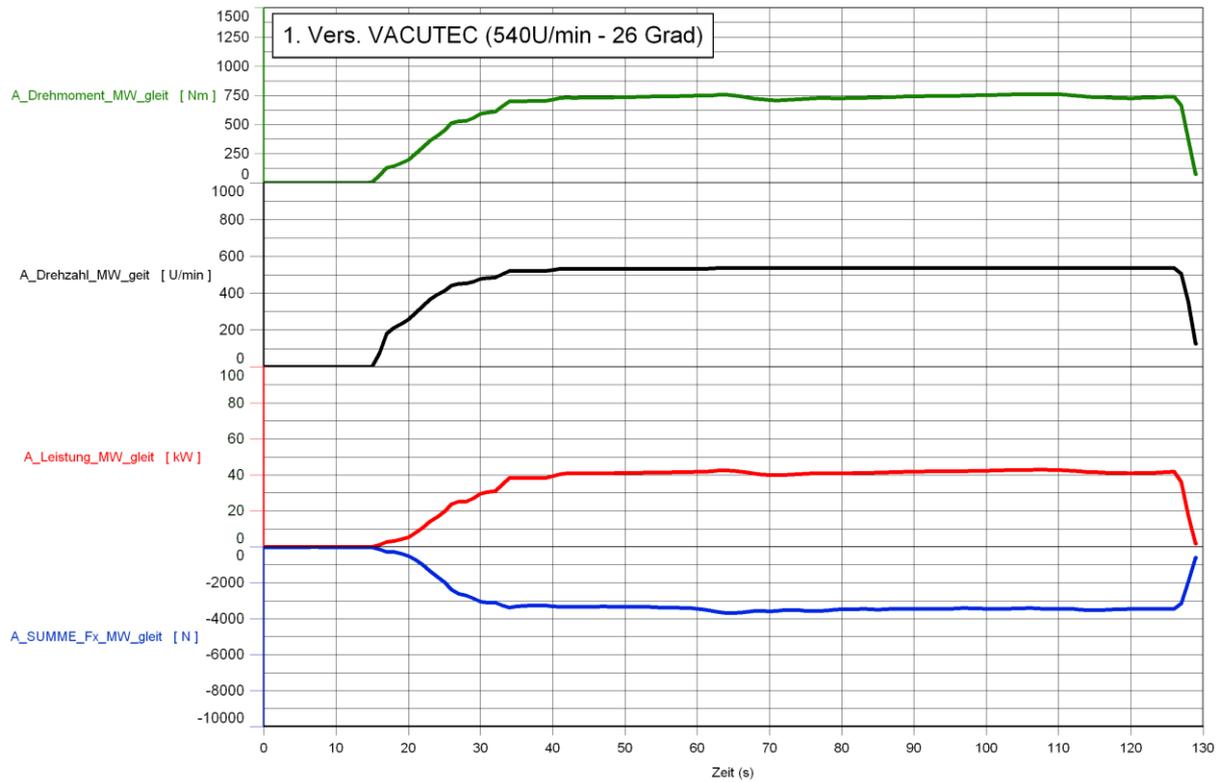


Abbildung 26: Messergebnisse des Mixers der Firma Vakutec bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min

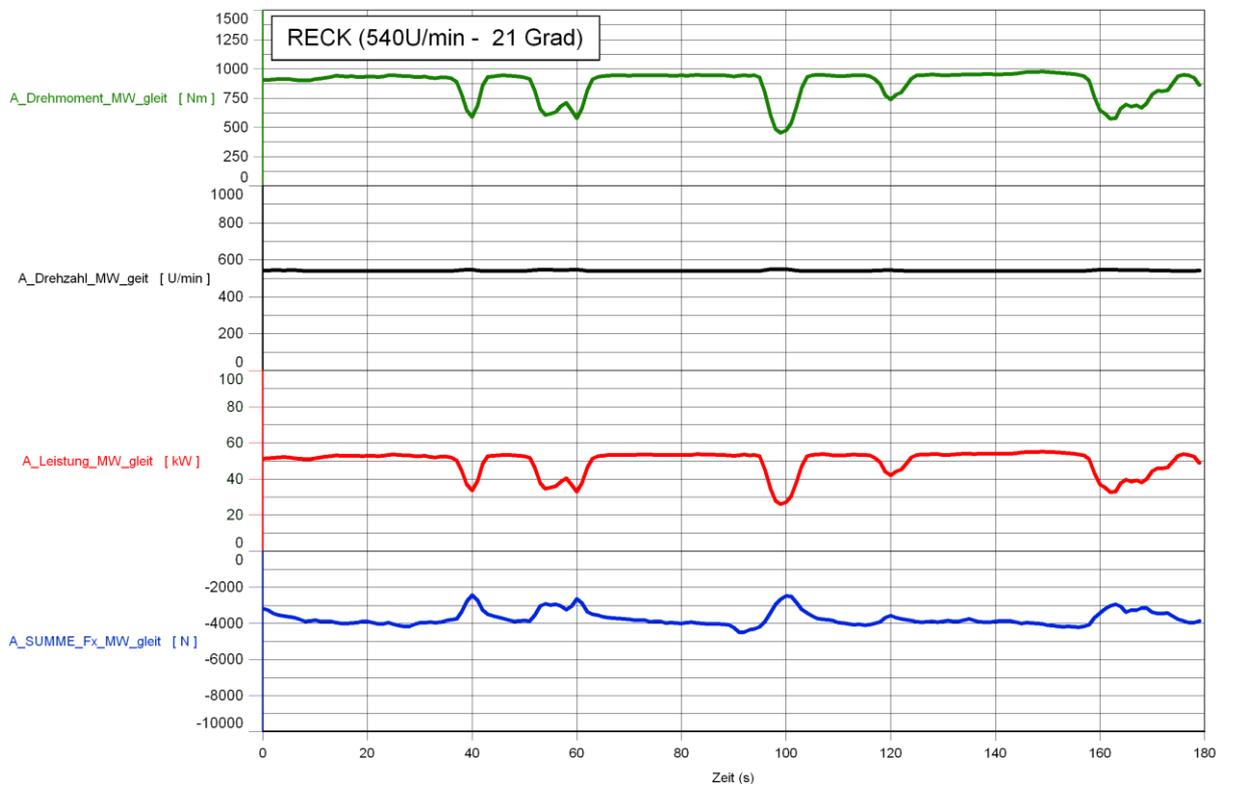


Abbildung 27: Messergebnisse des Mixers der Firma Reck bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min

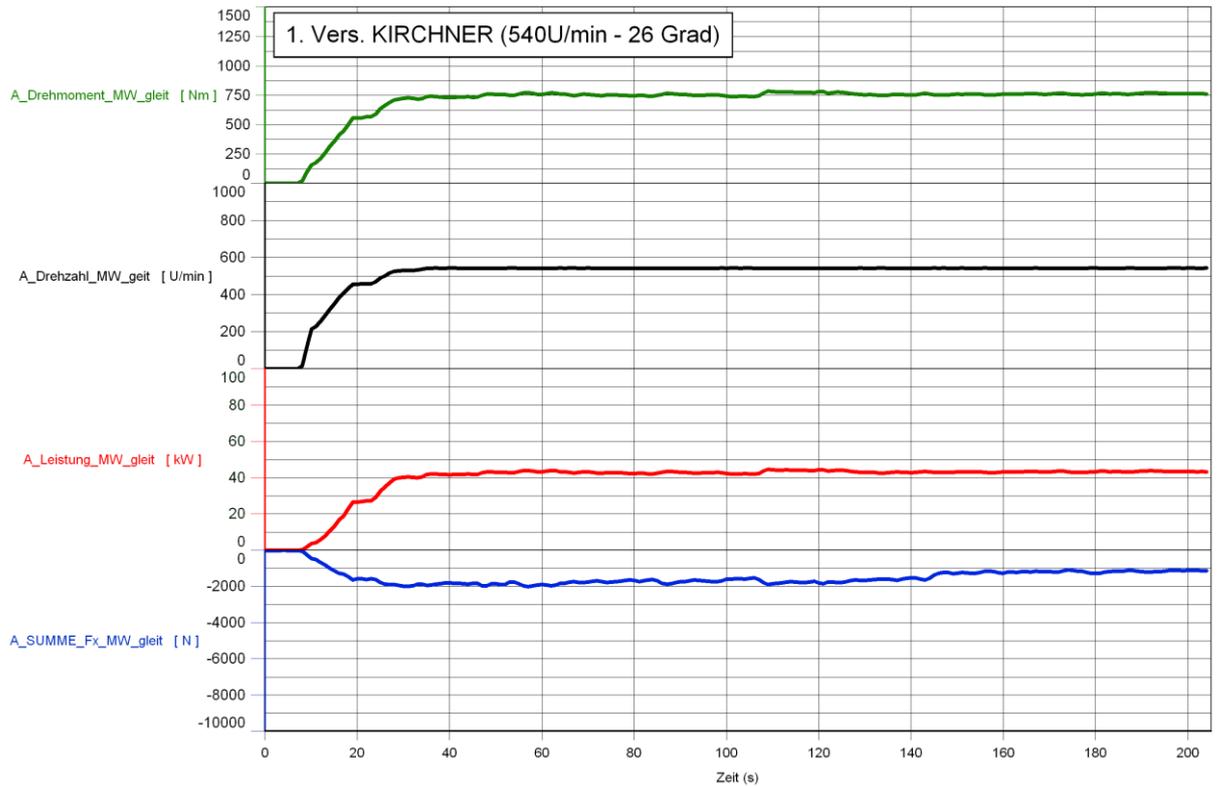


Abbildung 28: Messergebnisse des Mixers der Firma Kirchner bei einer Zapfwelleneinstellung von 540 U/min

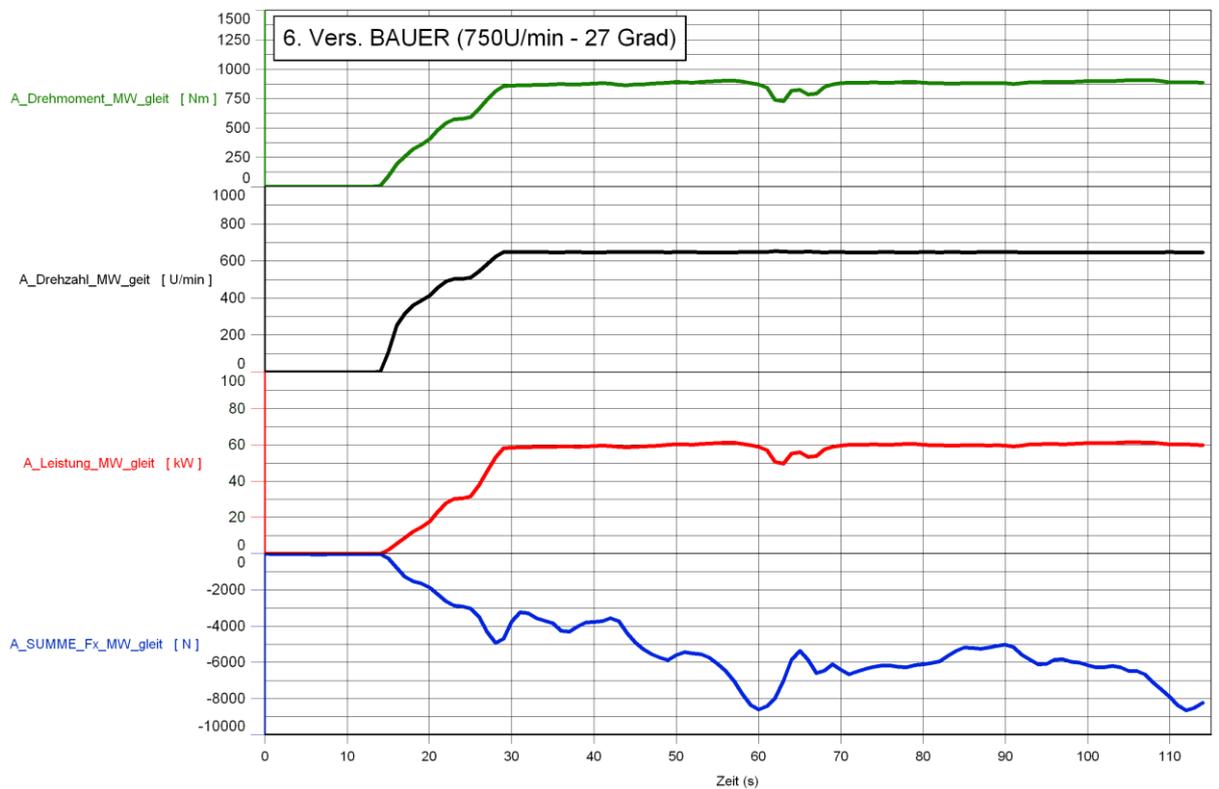


Abbildung 29: Messergebnisse des Mixers der Firma Bauer bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min

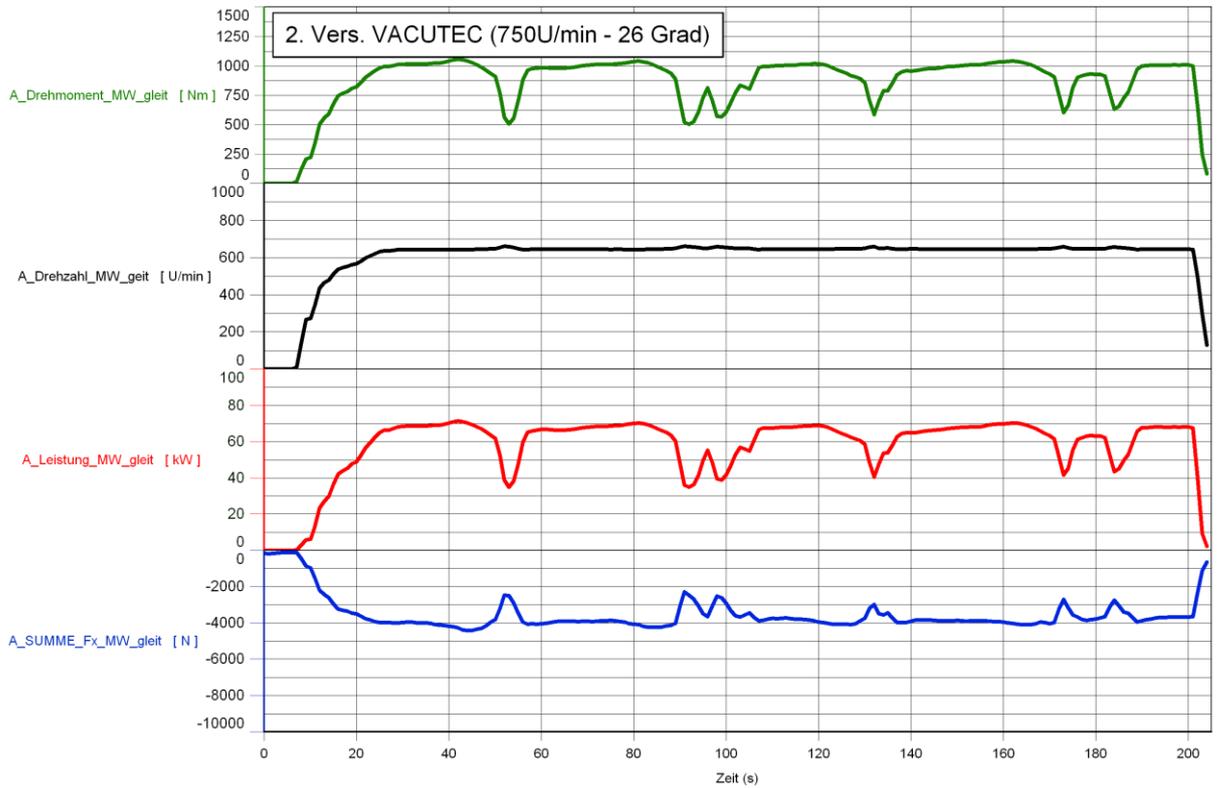


Abbildung 30: Messergebnisse des Mixers der Firma Vakutec bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min

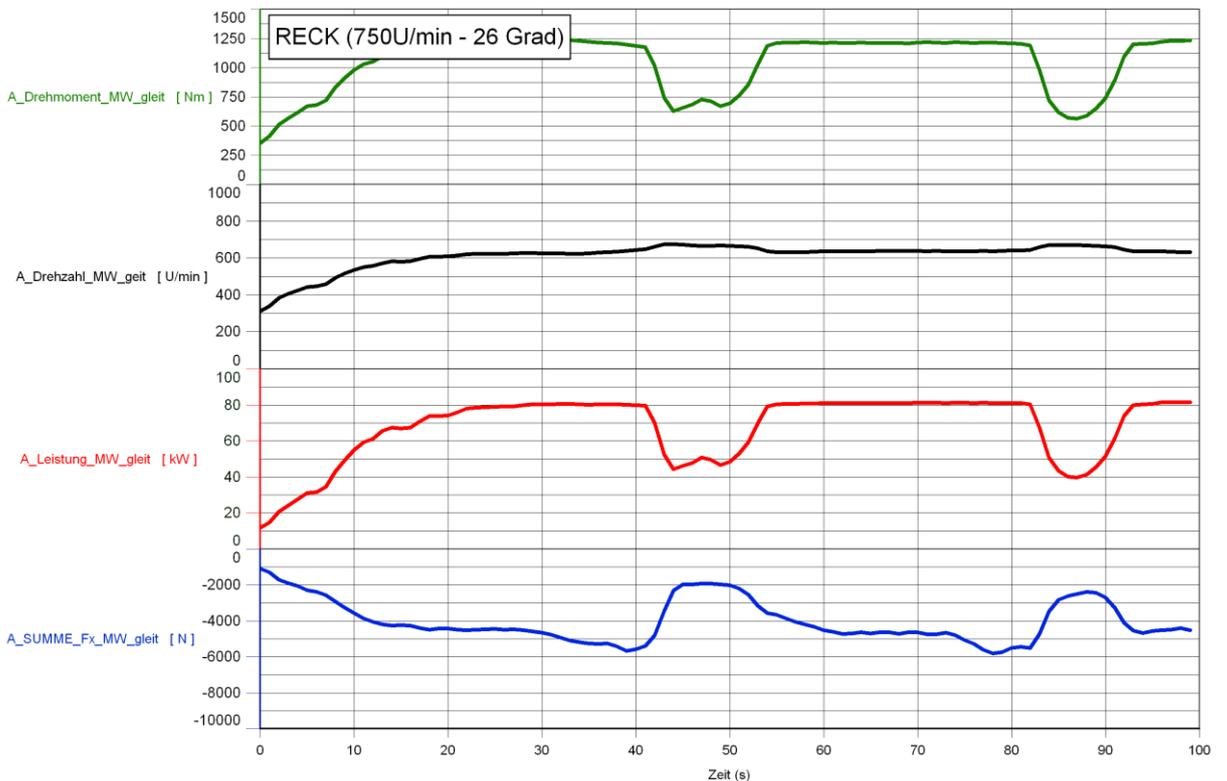


Abbildung 31: Messergebnisse des Mixers der Firma Reck bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min

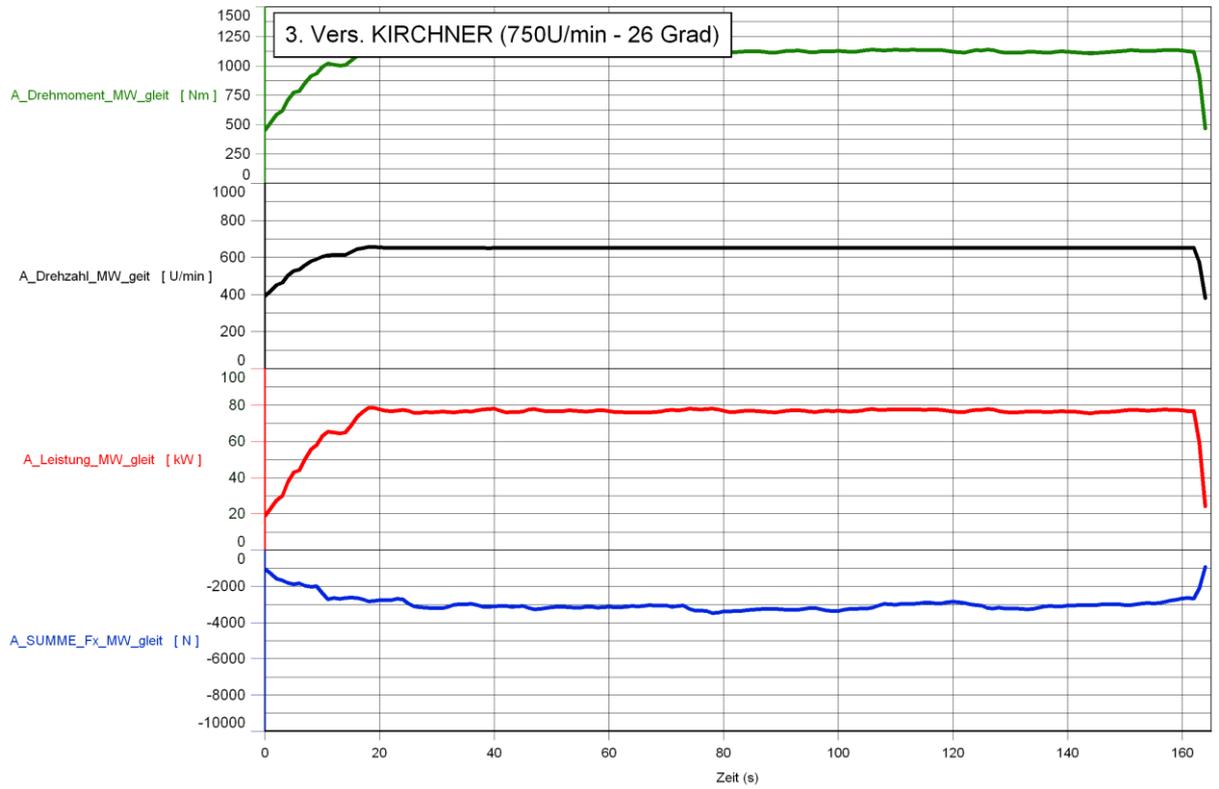


Abbildung 32: Messergebnisse des Mixers der Firma Kirchner bei einer Zapfwelleneinstellung von 750 U/min