

7 16



**Fachhochschule Lausitz, Versorgungstechnik**

---

Lipezker Straße 47, 03048 Cottbus

**Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung eines  
Erprobungsversuches zur Güllebehandlung mit  
Braunkohlenstaub unter Praxisbedingungen im  
Qualitätsferkelhof Dörghenhausen**

Projektleiter: Dipl.-Ing. Andrea Straub

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Cornelia Pflug

Cottbus, 28.02.2006



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Gesetzliche Anforderungen und derzeitiger Stand der Minderungsmaßnahmen.....	3
2.1 Gesetzliche Vorgaben .....	3
2.2 Gülleanfallmengen und daraus resultierende Emissionen .....	5
2.3 Derzeitiger Stand der Emissionsminderungsmaßnahmen.....	8
3. Einsatz von Braunkohlenstaub zur Emissionsminderung .....	9
3.1 Eigenschaften von Braunkohlenstaub .....	9
3.2 Höhe der Emissionsminderung durch den Einsatz von Braunkohlenstaub.....	10
3.3 Einfluss des BKS-Gülle-Gemisches auf das Pflanzenwachstum .....	12
4. Geruchsminderung von BKS am Beispiel einer Schweinezuchtanlage.....	13
4.1 Technologische Lösungen für die Einbringung von BKS in Dörghausen .....	13
4.2 Durchführung des Versuches in Dörghausen .....	19
4.3 Auswertung der Ergebnisse des Versuches in Dörghausen .....	24
4.4 Vorschläge zur verbesserten Einbringung von BKS.....	27
5. Laborversuch zur Windanfälligkeit der Schwimmdecke .....	30
5.1 Versuchsplanung .....	30
5.2 Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die BKS-Schwimmdecke .....	33
6. Einsatz dynamischer Mischer.....	36
7. Vergleich der Emissionsminderungsverfahren und Kostenvergleich .....	39
8. Zusammenfassung.....	42
Literatur .....	45
Abbildungsverzeichnis .....	47
Tabellenverzeichnis.....	48
Anhang .....	49



## 1. Einleitung

Aufgrund der derzeitigen gesetzlichen Anforderungen bezüglich der Minimierung der Geruchsemissionen im Bereich der Tierhaltung ist absehbar, dass bisher eingesetzte, einfache Verfahren nicht mehr das erforderliche Minderungspotential kostengünstig erbringen. Diese Entwicklung möchte die Vattenfall Europe Mining AG nutzen, um ein neues Produkt zur Geruchsminderung in Güllelagerbehältern – den Braunkohlenstaub (BKS) – auf den Markt zu bringen.

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass der Einsatz von Braunkohlenstaub eine preisgünstige und effektive Alternative zu den herkömmlichen Emissionsminderungsmaßnahmen darstellt. Des Weiteren wurde eine Anlagenkonzeption für die Einbringung von Braunkohlenstaub in marktübliche Güllelagerbehälter erarbeitet. Besonderes Augenmerk liegt auf der Vermischung der Gülle mit dem Braunkohlenstaub. Eine Anlagenvariante wurde im Qualitätsferkelhof Dörghausen (nahe Hoyerswerda) getestet und wissenschaftlich bewertet. Eine Kostendarstellung schließt das Projekt ab.

## 2. Gesetzliche Anforderungen und derzeitiger Stand der Minderungsmaßnahmen

### 2.1 Gesetzliche Vorgaben

Gülle ist ein tierisches Abfallprodukt, dass bei falscher Handhabung schädlich auf Luft, Wasser und Boden wirkt. Aufgrund dessen gibt es eine Vielzahl an Gesetzen und Bestimmungen, an die sich jeder mit Gülle hantierende Betrieb halten muss. Zu den wichtigsten Gesetzen und Richtlinien zählen:

- das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG),
- die technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft),
- die VDI-Richtlinien 3471 sowie 3472 und
- die Düngemittelverordnung (DüMV).

Durch das **Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)** /1/, welches sich mit den durch Luft übertragenden Einwirkungen wie Gase, Geruch, Lärm u. ä. befasst, wird jeder Landwirt verpflichtet, seine Anlagen bzw. den Umbau seiner Anlagen zu melden und genehmigen zu lassen. Dabei muss er nachweisen, dass sein Vorhaben nicht mit erheblichen Belästigungen der Nachbarschaft durch Geruch, Lärm und Schadstoffe verbunden ist. Dieser Nachweis ist für alle genehmigungsbedürftigen Anlagen (Tabelle 1) durchzuführen.

Tabelle 1: Genehmigungsrelevante Anlagenkapazitäten nach BImSchG /1/

Art der Anlage	Kapazität
Mastschweine (> 30 kg)	1.500 Plätze
Sauen (inkl. Ferkel < 30 kg)	560 Plätze
Ferkel (Aufzucht 10 - 30 kg)	4.500 Plätze
Rind	250 Plätze
Kalb	300 Plätze
Legehennen	15.000 Plätze
Junghennen	30.000 Plätze
Mastgeflügel	130.000 Plätze
Truthühner	15.000 Plätze

Die **technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)** /2/ legt für alle Anlagen des BImSchG Anforderungen zur Immissions- und Emissionsbegrenzung entsprechend dem Stand der Technik fest. Es werden beispielsweise größtmögliche Sauberkeit und Trockenheit im Stall, flüssigkeitsundurchlässige Lagerplätze für Fest- und Flüssigmist mit einer Lagerkapazität von mindestens 6 Monaten gefordert. Des weiteren wird zum Schutz der Vegetation eine maximale Stickstoffimmission von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr verlangt.

Möglichkeiten zur Reduzierung der Emissionen nach TA-Luft sind

- eine nährstoffangepasste Fütterung,
- eine zentrale Abluftführung, Lüftungsanlagen und eine biologische Abluftreinigung,
- die Abdeckung von Güllelagerbehältern und
- eine schnellstmögliche Einbringung der Gülle auf dem Feld.

Für die Abdeckung der Güllebehälter wird ein Emissionsminderungsgrad bezogen auf den offenen Behälter ohne Abdeckung von mindestens 80 % für geruchsintensive Stoffe und Ammoniak gefordert. /2/

Die *VDI-Richtlinien 3471, 3472 „Emissionsminderung Tierhaltung“* /3, 14, 15/ nennen Bestimmungsmethoden zur Abschätzung von Emissionen und deren Ausbreitung in der Atmosphäre. Gleichzeitig ist ein erforderlicher Mindestabstand zwischen Stallgebäude und Wohnbebauung, der einen weitreichenden Schutz vor Geruchsbelästigungen gewährleisten soll, einzuhalten. Dies kann über die Tierzahl oder die Lebendmasse der Tiere erfolgen. Dabei fließt die Fütterung, Haltung und Entmistung in die Bewertung ein.

In der *Düngemittelverordnung (DüMV)* /4/ sind Angaben zu Anwendungszeiträumen und -mengen von Wirtschaftsdüngern, zur Ausbringungsart, zur Ermittlung des Düngedarfs und zur Erstellung von betrieblichen Nährstoffbilanzen zu finden.

## **2.2 Gülleanfallmengen und daraus resultierende Emissionen**

Bei der Tierhaltung fallen neben festen Exkrementen auch große Mengen an Gülle (Flüssigmist) an. Die Menge an anfallendem Kot und Harn ist abhängig von der Tierart, der unterschiedlichen Nutzungsintensität der Tiere, der Art der Fütterung, der Haltungsweise sowie dem Alter der Tiere.

In Abbildung 1 ist die Entwicklung des Viehbestandes von Rindern und Schweinen für die Bundesländer Brandenburg, Sachsen sowie Sachsen-Anhalts dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass die Viehzahlen bis 1994 stark zurückgegangen sind. Nach dem es 1998 noch einmal einen kleinen Anstieg gab, hat sich der Viehbestand derzeit auf ein annähernd gleichbleibendes Niveau eingestellt.

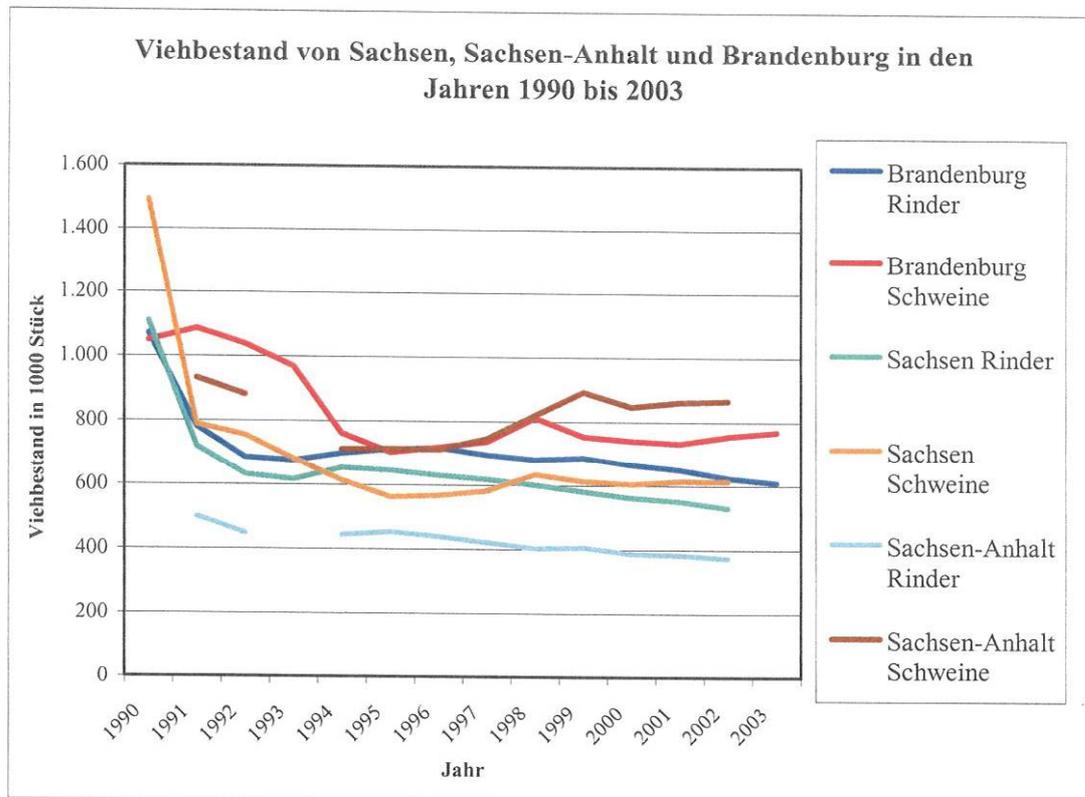


Abbildung 1 Viehbestand von Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg in 1.000 Stück /5/

Trotz der gesunkenen Zahlen im Viehbestand fallen jährlich erhebliche Mengen Flüssigmist an. Aus der Gülle werden verschiedene geruchsintensive, zum Teil korrosionsfördernde und umweltschädigende Gase abgegeben, wie

- Ammoniak,
- Methan,
- Lachgas,
- Mercaptane,
- Schwefelwasserstoff.

Die Landwirtschaft emittiert in Deutschland jährlich

- 92 % der Gesamtammoniakemissionen (ca. 600.000 t/a)  
Dabei entstehen etwa 68 % der Emissionen durch Rinder, 25 % durch Schweine und 7 % durch Geflügel, Pferde und Schafe.
- 35 % der Gesamtmethanemissionen (ca. 2.000 t/a)
- 33 % der Gesamtlachgasemissionen (ca. 100.000 t/a)  
Bei Lachgas ist der größte Anteil der Emissionen durch den Einsatz von Düngemitteln bedingt.

Aufgrund des hohen Anteils an Ammoniak an den Geruchsemissionen wird es als „Leitgas“ bezeichnet. Allein bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle werden 58 % der landwirtschaftlichen Ammoniak- und 10 % der Methanemissionen frei.

Beispielhaft wird für die Bundesländer Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen in Tabelle 2 neben dem Viehbestand von 2002 die Menge an emittiertem Ammoniak dargestellt.

Tabelle 2: Gülleanfall der Bundesländer Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt für 2002 /5; 6/

	Gülleanfall			NH <sub>3</sub> -Emission (alle 3 Bundesländer) [t/Jahr]
	Brandenburg [m <sup>3</sup> /Monat]	Sachsen [m <sup>3</sup> /Monat]	Sachsen-Anhalt [m <sup>3</sup> /Monat]	
Milchkuh	327.780	443.340	173.700	35.157
Mastrinder	28.200	212.330	254.700	
Mastkälber	37.188	-	-	
Mastschweine	87.907	90.066	129.540	11.974
Sauen und Ferkel	107.325	37.350	46.575	
<b>Gesamt</b>	<b>588.400</b>	<b>783.086</b>	<b>604.515</b>	<b>47.130</b>

### 2.3 Derzeitiger Stand der Emissionsminderungsmaßnahmen

Da die Umweltbelastung, die durch Gasemissionen aus tierischen Rückständen entsteht, bekannt ist, gibt es eine Vielzahl von emissionsmindernden Maßnahmen auf dem Markt, die dem Stand der Technik entsprechen und damit bereits von landwirtschaftlichen Betrieben angewendet werden.

Dazu zählen

- Behälterabdeckungen wie z. B.
  - natürliche und künstliche Schwimmdecken,
  - Schwimmfolien,
  - Zeltdächer,
  - Festdächer,
- Fütterungsmethoden (proteinangepasste Fütterung),
- Stallbau (Rinnensysteme, Lüftungsanlagen u. ä.),
- Güllebehandlung durch Zuschlagsstoffe (Säuren, Kalk),
- Einsatz von Kreidepulver (Bioaktiv) in das Futter oder die Gülle,
- Biogasanlagen und
- spezielle Methoden der Gülleausbringung.

Diese emissionsmindernden Maßnahmen sind kurz mit ihren Vor- und Nachteilen sowie Kosten in Tabelle 14 dargestellt.

Die Auswahl der emissionsmindernden Maßnahme hängt von der vorhandenen Technik (z. B. Zerkleinerer, Homogenisierapparate), der Lagerbehälterart, dem Stallaufbau und den bereitstellbaren Finanzierungsmitteln ab.

### 3. Einsatz von Braunkohlenstaub zur Emissionsminderung

#### 3.1 Eigenschaften von Braunkohlenstaub

Braunkohlenstaub (BKS) ist ein geruchsloses, dunkelbraun bis schwarzes, fließfähiges Produkt, welches ähnlich wie Aktivkohle adsorbierend wirkt und beispielsweise Stickstoff und dessen Verbindungen an sich bindet. Dadurch können die Ammoniak- und Geruchsemissionen stark gemindert werden.

Braunkohlenstaub schwimmt aufgrund seiner geringen Dichte (ca. 500 kg/m<sup>3</sup>) auf der Gülle auf und bildet eine Schwimmschicht, die ebenfalls emissionsmindernd wirkt. Ein Vorteil gegenüber anderen zur Emissionsminderung eingesetzten Granulaten (z. B. Perlite) oder den Behälterabdeckungen mit Strohhäckseln stellt die Pumpfähigkeit des BKS-Gülle-Gemisches dar. Durch die Zugabe einer geringen Menge an BKS erhöht sich zwar der Trockensubstanzgehalt des Gemisches, aber die Pumpfähigkeit bleibt erhalten, da keine groben Feststoffe im Gemisch enthalten sind.

Weitere Eigenschaften des Braunkohlenstaubs sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Eigenschaften von Lausitzer Braunkohlenstaub /7/

Körngröße	ca. 200 $\mu\text{m}$
unterer Heizwert	21 MJ/kg
Glimmtemperatur	210 °C
Zündtemperatur	320 °C
maximaler Explosionsdruck	9 bar
Wasserlöslichkeit	unlöslich

Aufgrund seiner Brennbarkeit und Explosionsfähigkeit sind besondere Sicherheitsvorkehrungen bei Lagerung und Transport erforderlich.

Weiterhin ist es möglich, an Stelle des Staubes Rohbraunkohle einzusetzen. Da Braunkohlenstaub durch die technische Zerkleinerung von Rohbraunkohle erzeugt wird und diese Verfahrensschritte beim Einsatz von Rohbraunkohle wegfallen würden, kann dieses Produkt preiswerter angeboten werden. Jedoch wurden bisher noch keine Untersuchungen mit Roh-

braunkohle hinsichtlich der Vermischbarkeit und des Emissionsminderungsgrades durchgeführt.

### **3.2 Höhe der Emissionsminderung durch den Einsatz von Braunkohlenstaub**

Richtungsweisende Ergebnisse zur Höhe der Emissionsminderung durch den Einsatz von Braunkohlenstaub im Labormaßstab werden in Tabelle 4 gezeigt. /8/

Bei der Untersuchung kam geruchsintensive Schweinegülle mit einem TS-Gehalt von 5,2 % (Gülle 1) sowie mit einem TS-Gehalt von 7,6 % (Gülle 2) zum Einsatz, die mit unterschiedlichen BKS-Mengen (3 und 5 Ma-%) beaufschlagt wurden. Zu verschiedenen Zeiten wurden vor und nach der Homogenisierung die Ausgasungsmengen der Geruchsstoffe gemessen.

Als Vergleichsprobe dienten Güllebehälter ohne BKS, um eine direkte Bestimmung der Emissionsminderungsrate zu ermöglichen.

Typischerweise gast während sowie nach der Homogenisierung, die der Verbesserung der Pumpfähigkeit zum Zwecke der Ausbringung der Gülle auf das Feld dient, der Hauptanteil an Geruchsstoffen aus. Trotzdem ist beim Einsatz von mindestens 3 Ma-% Braunkohlenstaub eine Minderung von deutlich über 90 % messbar. Zurückzuführen ist dies auf die adsorptiven Eigenschaften des BKS. Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber herkömmlichen Minderungsmaßnahmen, wie z. B. Schwimmdecken, da diese während der Homogenisierung keine Geruchsminderung ermöglichen.

Es ist davon auszugehen, dass selbst bei der Ausbringung der Gülle der BKS die Emissionen mindert. Weiterhin tritt eine messbare Verschiebung des pH-Wertes in den sauren Bereich auf, so dass dadurch die Ausgasungsmenge an Ammoniak sinkt.

Gegenüber dem Einsatz anderer Zuschlagsstoffe wie Proteine oder Säuren bewirkt die auftretende Deckelung durch aufgeschwommenen Braunkohlenstaub eine zusätzliche Emissionsminderung.

Im Anhang 1 ist der vollständige Bericht der Untersuchung zu finden.

Tabelle 4: Ergebnisse zur Höhe der Geruchsemissionsminderung im Laborversuch /8/

	Schweine- gülle 1	Schweine- gülle 1 + 3 Ma.- % BKS	Schweine- gülle 1 + 5 Ma.- % BKS	Schweine- gülle 2	Schweine- gülle 2 + 3 Ma.- % BKS	Schweine- gülle 2 + 5 Ma.- % BKS
TS-Gehalt [%]	5,20	7,20	8,70	7,60	10,00	11,30
pH-Wert	6,86	6,80	6,65	6,76	6,66	6,55
Geruchsemission vor Homo- genisierung; 20 h nach dem Einmischen [GE/m <sup>3</sup> ]	450	24 <i>Minderung von 94,66 %</i>	32 <i>Minderung von 92,88 %</i>	450	36 <i>Minderung von 92,00 %</i>	25 <i>Minderung von 94,44 %</i>
Geruchsemission nach Homo- genisierung; 20 h nach dem Einmischen [GE/m <sup>3</sup> ]	43.000	790 <i>Minderung von 98,16 %</i>	590 <i>Minderung von 98,63 %</i>	48.000	1.300 <i>Minderung von 97,29 %</i>	1.100 <i>Minderung von 97,71 %</i>
Geruchsemission 6 Tage nach dem Einmischen [GE/m <sup>3</sup> ]	6.700	190 <i>Minderung von 97,16 %</i>	60 <i>Minderung von 99,10 %</i>	1.400	240 <i>Minderung von 82,86 %</i>	160 <i>Minderung von 88,57 %</i>
Geruchsemission vor Homo- genisierung; 13 Tage nach dem Einmischen [GE/m <sup>3</sup> ]	5.700	57 <i>Minderung von 99,00 %</i>	30 <i>Minderung von 99,47 %</i>	1.200	60 <i>Minderung von 95,00 %</i>	38 <i>Minderung von 96,83 %</i>
Geruchsemission nach Homo- genisierung; 13 Tage nach dem Einmischen [GE/m <sup>3</sup> ]	54.000	3.200 <i>Minderung von 94,07 %</i>	2.100 <i>Minderung von 96,11 %</i>	64.000	5.300 <i>Minderung von 91,72 %</i>	1.500 <i>Minderung von 97,66 %</i>

### 3.3 Einfluss des BKS-Gülle-Gemisches auf das Pflanzenwachstum

Durch das Agrikulturchemische Institut der Universität Bonn wurde die Stickstoff- und Phosphat-Wirkung von Gülle-Braunkohlen-Kompost auf das Pflanzenwachstum untersucht und mit handelsüblichen N- und P-Düngern sowie mit Güllekompost (ohne BKS) verglichen. Des Weiteren erfolgte eine Untersuchung im Hinblick auf die Pflanzenverträglichkeit des Gülle-Braunkohlen-Komposts. /9/

Als Untersuchungsobjekt diente Welsches Weidegras, welches 4 mal bei der Untersuchung der Stickstoffwirkung und 5 mal bei der Phosphatuntersuchung geschnitten wurde.

Diese Untersuchungen wurden auf 2 Böden unterschiedlicher pH-Werte durchgeführt,

- auf phosphatarmer Parabraunerde aus Lös (pH-Wert ( $\text{CaCl}_2$ ): 6,5) und
- auf einer Mischung aus Parabraunerde sowie phosphatarmer Braunerde und Quarzsand (pH-Wert ( $\text{CaCl}_2$ ): 5,5).

Der ausführliche Versuchsbericht liegt als Anhang 2 dieser Arbeit bei.

In Tabelle 5 sind die Versuchsergebnisse des Einflusses der Braunkohlenstaubes auf das Pflanzenwachstum aufgeführt. Anhand der Ergebnisse ist erkennbar, dass die Kohle in der Gülle im direkten Vergleich zur reinen Gölledüngung keinen Einfluss auf das Wachstum der Pflanze hat. Dennoch ist die Düngung mit Gülle bzw. dem Gülle-BKS-Gemisch anderen handelsüblichen Düngern deutlich überlegen.

Für den Landwirt ist es deshalb von Vorteil, einen Gölledünger einzusetzen. Kommt ein Gülle-BKS-Gemisch zum Einsatz, können die Vorteile der Gölledüngung genutzt werden, ohne die Umwelt zu belasten.

Tabelle 5: Einfluss verschiedener Phosphatdünger auf den Trockenmasse-Ertrag (g/Gefäß) von Weidegras /9/

Variante	1. Schnitt [g/Gefäß]	2. Schnitt [g/Gefäß]	3. Schnitt [g/Gefäß]	4. Schnitt [g/Gefäß]	5. Schnitt [g/Gefäß]	Summe [g]
Boden pH-Wert: 6,5						
Kontrolle	10,7	34,1	22,4	19,6	6,6	93,4
Kohle	10,6	33,4	23,5	19,3	6,5	93,3
Gülle-Braunkohlen-Kompost	34,3	43,9	20,0	23,3	6,3	127,8
Güllefeststoff	36,2	43,6	20,2	21,9	6,2	128,1
Superphosphat	34,2	41,4	20,1	19,9	4,9	120,5
weicherdiger Rohphosphat	15,9	39,9	19,6	18,3	6,0	99,7
Boden pH-Wert: 5,5						
Kontrolle	9,1	29,2	23,0	13,0	7,8	82,1
Kohle	10,3	28,6	22,9	13,0	7,8	82,6
Gülle-Braunkohlen-Kompost	36,3	42,4	19,8	19,8	5,7	124,0
Güllefeststoff	37,4	43,1	19,7	19,6	6,1	125,9
Superphosphat	32,8	40,0	20,0	22,0	6,1	120,9
weicherdiger Rohphosphat	17,3	40,0	19,7	18,1	6,1	101,2

#### 4. Geruchsminderung von BKS am Beispiel einer Schweinezuchtanlage

##### 4.1 Technologische Lösungen für die Einbringung von BKS in Dörghäusern

Wesentliche Einflussgrößen bei der Planung einer solchen Pilotanlage stellen die unterschiedlichen Gegebenheiten auf den Viehhöfen dar, da jeder Betrieb sich

- in der Anzahl, Größe und Form der Güllebehälter,
- in der Beschaffenheit der Gülle und vor allem
- von der vorhandenen Technik (z. B. Homogenisierungsgeräten, Pumpen u. ä.)

unterscheidet.

Im Qualitätsferkelhof Dörghenhausen werden rund 1.400 produktive Sauen und 6.600 Ferkel gehalten, wodurch ca. 12.000 m<sup>3</sup> Gülle im Jahr anfallen. Diese Gülle wird in 4 Lagerbehältern á 1200 m<sup>3</sup> gelagert. Cirka dreimal im Jahr werden diese Behälter geleert und die Gülle auf die Felder ausgebracht.

Bevor die Gülle aus den Ställen in die Lagerbehälter gelangt, wird sie in einer Vorgrube zwischengelagert. Ein Großteil der Feststoffe in der Gülle (mitgespülte Steine o.ä.) setzt sich dort ab, so dass beim Pumpen der Gülle in die Lagerbehälter Störstoffe im wesentlichen ausgeschlossen werden können.

In der Abbildung 2 ist der Lageplan vom Qualitätszuchthof Dörghenhausen vereinfacht dargestellt.

Es besteht die Möglichkeit, Braunkohlenstaub

- zweimalig im Jahr über entsprechend ausgerüstete Anlieferfahrzeuge oder
- kontinuierlich über ein fest installiertes Silo und der zugehörigen Mischtechnik

in die Lagerbehälter einzubringen.

Aufgrund der Explosionsfähigkeit von Braunkohlenstaub sind jedoch Sicherheitsvorkehrungen, wie der Einsatz von ex-geschützten Geräten und Silos, einzuhalten. Des Weiteren ist das Rauchen oder Hantieren mit offenem Feuer im Umkreis von mindestens 5 m um BKS enthaltene Behälter oder Fahrzeuge verboten.

Für eine hohe Emissionsminderung bei einmaliger **Zumischung von BKS durch Anlieferfahrzeuge** ist zu empfehlen, dass der Staub bereits bei halbvollem Lagerbehälter in die Gülle eingebracht und nach dem vollständigen Füllen nochmals homogenisiert wird.

Die Einmischung kann

1. durch Vermischung der Gülle und des BKS im Lagerbehälter mittels eines am Zuchthof vorhandenen Homogenisierungsgerätes (*Variante 1*) oder
2. durch Vermischung der Produkte mit einem dynamischen Mischer (z.B. Dispergiermaschine) (*Variante 2*)

erfolgen.

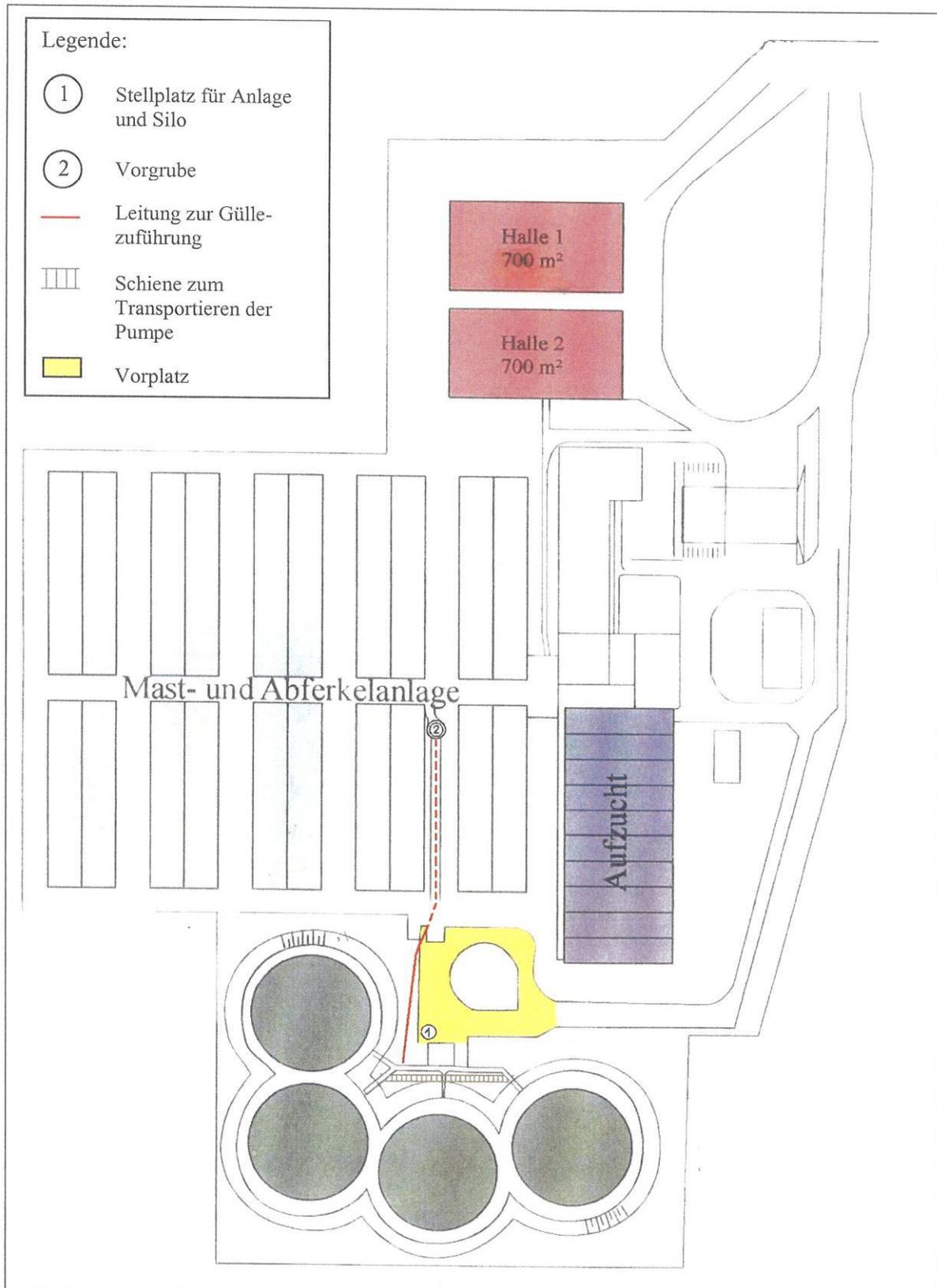


Abbildung 2 Darstellung des Qualitätszuchtthofes Dörghausen



Wird eine Dispergiermaschine benötigt, empfiehlt es sich, diese auf dem Anlieferfahrzeug zu integrieren. Die Gülle kann während der Zugabe des Staubes im Kreislauf gefahren oder in ein weiteres Becken gepumpt werden.

Ausführliche Informationen zu der Dispergiermaschine der Firma Ystral, welche derzeit als einzige eine vollständige Vermischung ermöglicht, befinden sich unter Kapitel 6.

Bei der *kontinuierlichen Beimischung* des BKS *mit Hilfe eines Silos* kommen zwei Mischervarianten in Betracht:

- der Einsatz eines dynamischen Mixers (z. B. Dispergiermaschine) oder
- der Einsatz eines statischen Mischsystems (z. B. Kanalmischer) (*Variante 3*).

Ein fest installiertes Silo hat den Vorteil, dass die Emissionsminderung schon während des ersten Befüllens des Beckens auftritt.

Reparaturen am Silo dürfen nur nach Entfernung des Staubes und gründlicher Anfeuchtung der Umgebung vorgenommen werden.

Die Zugabe des BKS kann über einen statischen Kanalmischer erfolgen, während die Gülle von der Vorgrube in die Lagerbehälter gepumpt wird. Ein möglicher Hersteller von Kanalmischern ist Sulzer Chemtech GmbH (Ansprechpartner: Wolfgang Hof; Telefon: 02102 / 939311; E-Mail: wolfgang.hof@sulzer.com). Allerdings ist der Einbauaufwand dieses Mixers in das System sehr hoch, da er in die vorhandene Rohrleitung integriert wird. Die Rohrleitung ist im Mischbereich an die Oberfläche zu holen, so dass kein Frostschutz mehr für diesen Anlagenbereich besteht und kostenintensiv nachgerüstet werden muss.

Diese 3 Varianten werden Tabelle 6 bezüglich ihrer Vor- und Nachteile sowie ihrer Invest- und Betriebskosten gegenübergestellt. Voraussetzung für die Berechnung der Kosten waren

- Angebote der die Apparatechnik liefernden Firmen,
- die Kosten des Braunkohlenstaubes inkl. Anlieferung in Höhe von 70,95 €/t /16/ und
- eine auf Dörghausen hochgerechnete BKS-Anliefermenge von 25 t/Lieferung.

Aufgrund des Gülleausbringungs-Rhythmus für diese Anlage muss zweimal im Jahr angeliefert werden.



Bei Nutzung des vorhandenen Homogenisierungsgerätes von 14 kW Leistung muss mit einer Rührzeit von ca. 20 Stunden (vor, während und nach der Einbringung des BKS) gerechnet werden. Die Energiekosten wurden mit 0,15 €/kWh angesetzt. Die fixen Grundkosten gehen in die Berechnung nicht mit ein, da diese auch jetzt schon durch die Nutzung der Rührtechnik bei der Ausbringung sowie von Energie im Stall anfallen. Beim Einsatz einer Pumpe werden Stromkosten von 25 € je Einsatz bei zwei Füllungen pro Jahr angenommen.

Bei Variante 3, bei der die Pumpe kontinuierlich läuft, wenn die Gülle aus dem Stall ins Güllelagerbecken gepumpt wird, wird von einem Mehrkostenaufwand von ca. 50 €/a ausgegangen.

Anhang 3 bis 5 zeigen diese Varianten als technologisches Schema mit Mengenströmen und Typengrößen.

Ein ex-geschütztes Silo (Variante 3) kostet in der Anschaffung etwa 40.000,- €. Diese Variante ist für landwirtschaftliche Betriebe zu kostenintensiv, so dass eine Vermischung der Gülle mit dem Kohlenstaub direkt aus dem Lieferfahrzeug empfohlen wird. Ebenso ist kurzfristig die Anschaffung einer ex-geschützten Dispergiermaschine (Variante 2), bei der aufgrund der guten Vermischbarkeit eine kürzere Einbringzeit möglich wird, wegen der hohen Investitionskosten nicht empfehlenswert. Es ist auch noch zu prüfen, in welcher Zeit der optimale Vermischungsgrad erreichbar ist.

Daher kann aus wirtschaftlicher Sicht nur Variante 1, die Anlieferung per Lieferfahrzeug sowie die Nutzung eines vorhandenen Homogenisierungsgerätes, zur großtechnischen Umsetzung vorgeschlagen werden.

Tabelle 6: Vergleich der Anlagenvarianten bei zweimaliger Anwendung im Jahr

Variante	Vorteile	Nachteile	Kosten der Komponenten [€]	Gesamtkosten im 1. Jahr [€]	Gesamtkosten Folgejahre [€/a]
1	preisgünstig; ohne großen Aufwand des Viehzuchtbetreibers anwendbar	Mischgrad ungewiss, da abhängig von Beckenform und Homogenisierungsgerät, Ex-Schutz für das Fahrzeug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BKS + Lieferung: 3.547,50 €/a (2 Lieferungen/a)</li> <li>• Betriebskosten des Homogenisierungsgerätes: 84,00 €/a</li> </ul>	3.631,50	3.631,50
2	guter Mischgrad	hohe Anschaffungskosten, Ex-Schutz für das Fahrzeug und die Dispergiermaschine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BKS + Lieferung: 3.547,50 €/a (2 Lieferungen/a)</li> <li>• Dispergiermaschine: 42.865 €</li> <li>• Betriebskosten der Pumpe: 50 €/a</li> <li>• BKS-Zuführung aus Fahrzeug</li> </ul>	46.462,50	3.597,50
3	eine kontinuierliche BKS-Zuführung ist möglich	hoher Aufwand bei Einbringung des Mixers; Ex-Schutz und Platzbedarf für das Silo, frostfreie Aufstellung für Mixer notwendig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BKS + Lieferung: 3.547,50 €/a (2 Lieferungen/a)</li> <li>• statischer Mixer: 1.500 €</li> <li>• Betriebskosten der Pumpe (Mehrkosten/a): 50 €/a</li> <li>• Silo: 40.000 €</li> </ul>	45.097,50	3.597,50

## 4.2 Durchführung des Versuches in Dörghenhausen

Der Versuch zur Emissionsminderung durch Einmischung des Braunkohlenstaubes fand an einem der vier Güllelagerbecken im Qualitätsferkelhof Dörghenhausen statt. Es wurde die unter Kapitel 3 vorgestellte Variante 1 für diesen Test gewählt.

Vor Versuchsbeginn musste eine Versuchsvereinbarung, in dem die Haftungsbedingungen der Versuchspartner (Vattenfall Europe Mining AG und Qualitätsferkelhof Dörghenhausen GmbH) beschrieben waren, abgeschlossen werden. Ein wesentlicher Punkt dieser Vereinbarung war die Bereitschaftserklärung der Gülleausbringungsfirma (MKH Agrar- Produkte GmbH), die Gülle zu den alten Konditionen abzunehmen. Dafür musste eine Unbedenklichkeitserklärung der zuständigen Behörden (staatliches Amt für Landwirtschaft Niesky/Kamenz) eingeholt werden.

Der Versuchsablauf ist in Tabelle 7 beschrieben.

Tabelle 7: Zeitlicher Ablauf des Versuches in Dörghenhausen

<b>Tätigkeitsbeschreibung</b>	<b>Uhrzeit</b>	<b>Zeitdauer</b>
Homogenisieren am Vortag	nicht bekannt	ca. 4 h
Homogenisieren am Versuchstag*	7:10 Uhr bis 8:00 Uhr	50 min.
Vorbereitung der Nullmessung	8:00 Uhr bis 9:00 Uhr	1 h
Nullmessung	9:06 Uhr bis 10:45 Uhr	1 h : 39 min.
Einbringen von Braunkohlenstaub (dazwischen Homogenisierung)	10:52 Uhr bis 11:06 Uhr	14 min.
	12:00 Uhr bis 12: 20 Uhr	20 min.
Homogenisierung	12:20 Uhr bis 13:20 Uhr	1 h
Nachmessung	13:20 Uhr bis 15:05 Uhr	1 h : 45 min.
Abbau der Messeinrichtung	15:05 Uhr bis 15:20 Uhr	15 min.
Homogenisierung an den Folgetagen	nicht bekannt	ca. 8 h/d (insg. 48 h)
Homogenisierung vor Versuch nach 7 Tagen **		1 h
Homogenisierung bei Probenahme nach 7 Tagen		ca. 2 h

\* Das Homogenisierungsgerät lief über den gesamten Versuchszeitraum, auch während der Messungen.

\*\* Vollständige Homogenisierung in dieser Zeit erreicht

Der Braunkohlenstaub wurde durch die Firma

Transport- und Speditionsgesellschaft Schwarze Pumpe mbH (TSS GmbH)  
 Postfach 100144, An der Heide  
 03139 Schwarze Pumpe  
 Tel. (03564) 6-94903; Fax. -93675  
 Ansprechpartner: Frau Bleicher: Tel. -93150  
 Herr Matysiak: Tel. -93436

angeliefert.

Die Firma stellte einen Kompressor sowie einen ca. 50 m langen flexiblen Schlauch für die Einbringung des BKS in das Güllebecken zur Verfügung. (Abb. 3).

Um eine Staubentwicklung zu vermeiden und eine optimale Vermischung zu ermöglichen, wurde der Schlauch in die im Becken vorhandene Rohrleitung eingeführt (Abb. 4), so dass die BKS-Einbringung und -Vermischung unterhalb der Gülleoberfläche in der unteren Hälfte des Beckens stattfand.

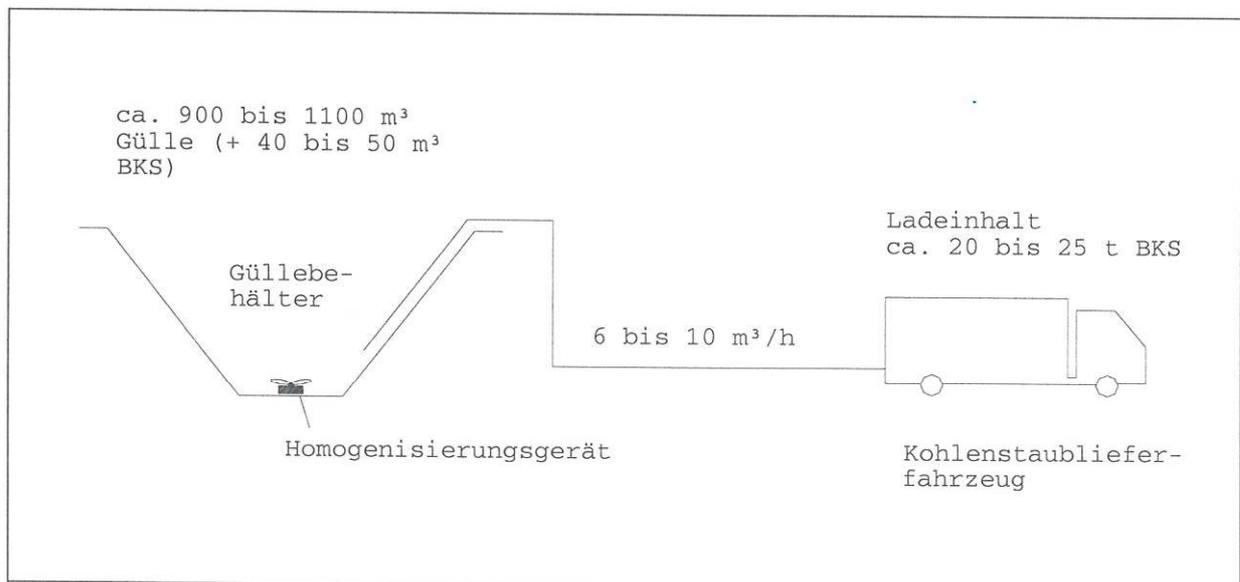


Abbildung 3 Schematischer Aufbau der BKS-Anlieferung und -Vermischung

Ein im Güllebecken befindlicher Rührer brachte die Gülle vor dem Versuch in Bewegung und mischte anschließend den Braunkohlenstaub ein.

Das Homogenisierungsgerät wurde ca. 4 Stunden vor dem Einbringen des BKS in Betrieb genommen werden, so dass die Gülle bereits sichtbar homogenisiert war.



Abbildung 4 Vorhandenes Rohr, in das der flexible Schlauch eingebracht wird

Die Einmischung des BKS erfolgte beim Versuch in zwei Abschnitten von jeweils 15 bzw. 20 min. Dieser Zeitraum erwies sich für die Einbringung der 24 t BKS als zu kurz. Der BKS bildete aufgrund seiner Hydrophobie eine 5 bis 7 cm dicke, trockene Schwimmschicht und konnte nur langsam, innerhalb von weiteren zwei Tagen, mit der Gülle vermischt werden. Dadurch kam es am nächsten Tag auf der Schwimmschicht zu einem Schwelbrand.

Um eine vollständige Homogenisierung des BKS-Gülle-Gemisches zu erhalten, ist es grundsätzlich bei BKS-Einbringung durch Lieferfahrzeuge empfehlenswert,

- die Zugabe diskontinuierlich in kleineren Mengen in einem Zeitraum von mindestens zwei Stunden durchzuführen, jedoch den Rührer in der gesamten Zeit (auch in Zugabepausen) laufen zu lassen sowie
- im Anschluss an die vollständige Zugabe des Staubes den Rührer in Betrieb zu lassen. Die Zeitspanne ist vor Ort anhand des Oberflächenbildes (Benetzungsgrad des Braunkohlenstaubs) im Lagerbehälter einzuschätzen.

Vor Beginn und nach der Zumischung des Braunkohlenstaubes wurden die Emissionswerte des Lagerbehälters gemessen werden, um den Effekt der Emissionsminderung nachzuweisen. Die Messungen führte durch:



NAFU - Messstelle Lausitz  
An der Heide  
03139 Schwarze Pumpe  
Tel.: (03564) 6-94866; Fax: (03564) 6-94867  
eMail: lausitz@nafu.de  
Ansprechpartner: Herr Cichos.

Das Geruchs-Minderungspotential von BKS wurde aus Messungen zu unterschiedlichen Zeiten,

- kurz vor Zugabe des BKS,
- kurz nach Zugabe des BKS,
- eine Woche nach erfolgreichem Einmischen des BKS in die Gülle

jeweils während der Homogenisierungsphase bestimmt.

Die Messungen fanden bei ähnelnden Wetterverhältnissen (Tabelle 8) statt, da diese die Ausgasungen und somit die Messungen beeinflussen.

Tabelle 8: Wetterverhältnisse während der Messung

	vor Einbringung BKS	nach Einbringung BKS	1 Woche nach Einbringung BKS
Lufttemperatur	10,3 bis 17,6 °C	20,4 bis 22,3 °C	13,6 bis 16,0 °C
Luftdruck	1007 hPa	1007 hPa	999 hPa
relative Luftfeuchte	38 bis 99 %	31 bis 38 %	66 bis 90 %
Windgeschwindigkeit	0,6 bis 4,5 m/s	3,5 bis 4,1 m/s	2,7 bis 4,3 m/s
Niederschläge	nein	nein	nein

Es wurden jeweils drei Proben je Zeitpunkt zum Nachweis der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse genommen. Die Probenahme erfolgte mittels einer schwimmfähig gestalteten Absaughaube mit einer Grundfläche von 1 m<sup>2</sup> auf dem Güllebecken. (Abb. 5)



Abbildung 5 Messapparatur zur Bestimmung der Parameter

In der Ablufthaube wurde die Temperatur gemessen sowie ein Teilstrom zur Analyse der Emissionen von Ammoniak, Methan und Schwefelwasserstoff entnommen. Weiterhin wurde ein weiterer Teilstrom auf geruchsneutrale Probenahmebeutel gezogen, die dann im Labor der Firma NAFU olfaktometrisch (Geruchskonzentrationen) untersucht wurden.

Die Bestandteile Methan und Schwefelwasserstoff wurden mittels IR-Spektroskopie durch einen direkt anzeigenden Deponiegasmonitor Modell GA 1.1 der Fa. ANSYCO ermittelt. Die Bestimmung des Ammoniakgehaltes erfolgte auf der Grundlage der VDI 2461, Blatt 1. Dabei wurde ein Teilstrom über zwei hintereinander geschaltete Absorptionsgefäße geführt. Als Absorptionslösung wurde 0,01 n Schwefelsäure verwendet. Die Aufarbeitung der Proben erfolgte ebenfalls im Labor.

### 4.3 Auswertung der Ergebnisse des Versuches in Dörghenhausen

Die jeweils zu einer Messung gehörenden Proben wurden in einem halbstündlichen Abstand gezogen.

Die Messung 1 fand nach der Homogenisierung der Gülle vor der Einbringung des Braunkohlenstaubs statt und diente als Vergleichs- bzw. Nullmessung. Eine Stunde nach Einbringung des BKS (Messung 2) sowie eine Woche später (Messung 3) wurden Messungen zur Minimierung der Geruchs- und Schadstoffemission durchgeführt.

Die Wetterbedingungen waren an allen Messtagen ähnlich, so dass man davon ausgehen kann, dass das Wetter keinen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat. In Tabelle 9 sind die Versuchsergebnisse dargestellt.

Tabelle 9: Messergebnisse des Versuches

Parameter	Messung 1 (Nullmessung, vor Einbringung BKS)			Messung 2 (direkt nach Einbringen von 24 t BKS)			Messung 3 (1 Woche nach Ein- mischung)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Probenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Datum	22.9.05	22.9.05	22.9.05	22.9.05	22.9.05	22.9.05	29.9.05	29.9.05	29.9.05
Uhrzeit	09:06	09:39	10:11	13:20	13:52	14:24	10:43	11:17	11:52
Gastemperatur [°C]	17,2	27,6	29,2	27,7	28,2	28,7	21,6	23,7	24,6
Methankonzentration [Vol.-%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ammoniakkonzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	25,4	23,7	21,9	2,8	1,3	0,8	1,4	1,3	1,3
Schwefelwasserstoffkonzentration [ppm]	2	1	2	0	0	0	0	0	0
Geruchsstoffkonzentration [GE/m <sup>3</sup> ]	219,0	269,6	204,4	90,2	82,2	53,4	31,2	34,5	31,4
pH-Wert der Gülle [-]			7,4		7,2	7,3		7,4	
TS-Gehalt der Gülle [mg/l]			2,5		4,0	3,0		3,4	
Temperatur der Gülle [°C]	19,3			19,6			19,0		

Der pH-Wert der Gülle, die Gas- sowie Gülle-Temperatur blieben zu jeder Zeit annähernd gleich. Der TS-Gehalt stieg um 1 bis 1,5 Ma-%.

Es traten zu keiner Zeit Methanausgasungen über 0,1 Vol.-% auf. Die zum Zeitpunkt der Nullmessung auftretenden geringen Schwefelwasserstoffkonzentrationen konnten unter die Nachweis-/Messgrenze gesenkt werden.

Entscheidende Änderungen waren bei der Ausgasung von Geruchsstoffen sowie Ammoniak zu erkennen.

Die Geruchstoffkonzentration nahm mit Einbringung des BKS deutlich ab. Anfangs bildete sich eine ca. 5 bis 7 cm dicke Staubschicht auf dem Güllebecken. Der aufgeschwommene Staub vermischte sich mit der Gülle während des weiteren Rührprozesses. Mit steigendem Vermischungsgrad sanken die Geruchs- und Ammoniakkonzentrationen.

Während bei der Nullmessung noch Werte von 200 bis 270 GE/m<sup>3</sup> auftraten, wurde 2 Stunden nach Einbringung nur noch eine Konzentration von 53 GE/m<sup>3</sup> gemessen. Dies ist eine Minderungsrate von über 75 %.

Als Ursache für diese schnelle Minderung kann auch die entstandene Staubdecke angesehen werden, welche durch das zügige Einbringen des BKS in das Becken (12 t in 15 min.) und durch den anfangs schlechten Vermischungsgrad aufgrund der Hydrophobie des BKS entstanden ist. Es wäre in einem weiteren Experiment zu prüfen, ob bei einer mehrstündigen Einmischphase mit geringeren Einmischmengen je Zeiteinheit diese Abnahme ebenfalls zu messen ist.

Bei der Nachmessung eine Woche später war der Staub vollständig eingemischt und benetzt. Die Geruchskonzentration nahm nochmals ab und sank auf 32 GE/m<sup>3</sup>. Zur Ausgangskonzentration trat damit eine Abnahme von über 85 % auf. Dieses Ergebnis bestätigt die Laborversuche, die im Kapitel 3 beschrieben wurden. In Abbildung 6 ist die Reduzierung der Geruchsemission graphisch dargestellt.

Die Ammoniakkonzentration nahm innerhalb von 5 Stunden gegenüber der Nullmessung über 95 % ab (Abb. 7).

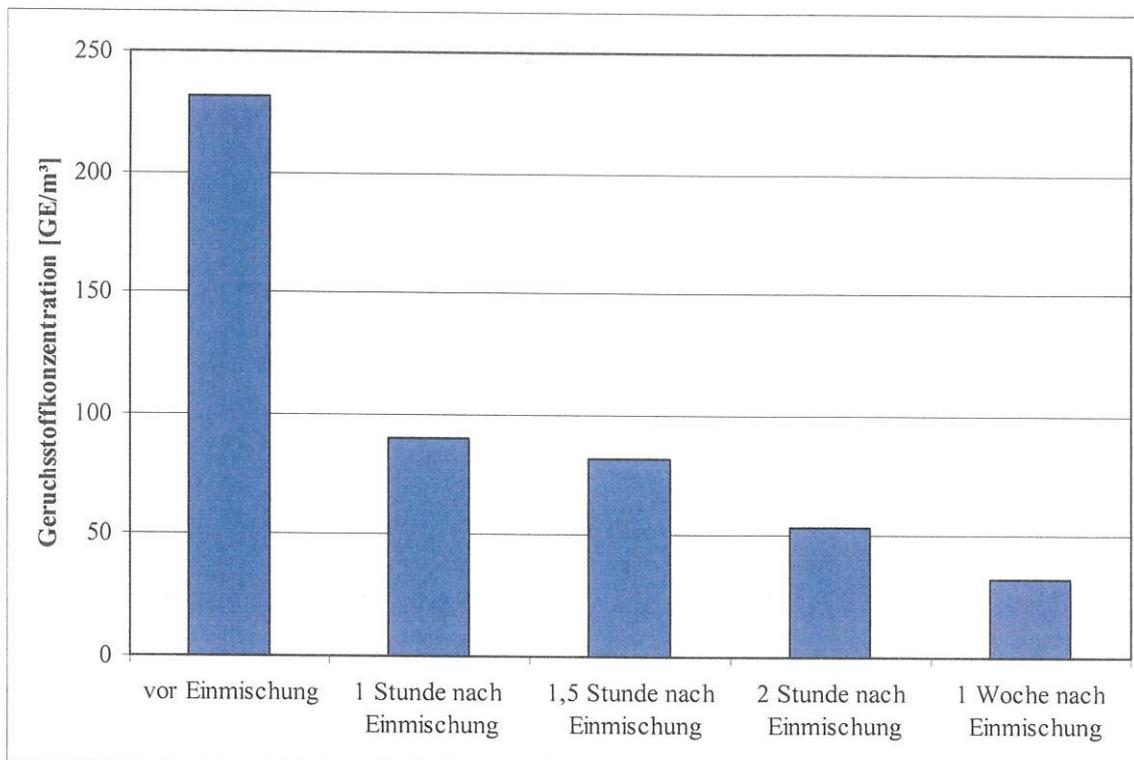


Abbildung 6 Änderung der Geruchskonzentration in Abhängigkeit der Wirkzeit

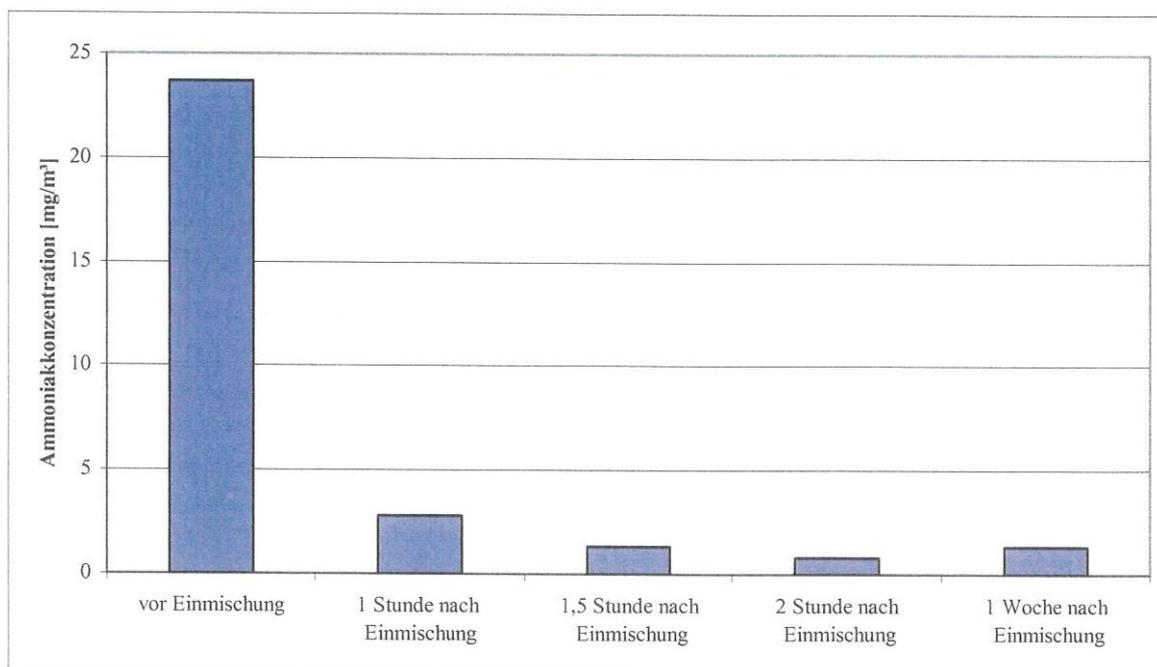


Abbildung 7 Änderung der Ammoniakkonzentration in Abhängigkeit der Wirkzeit



Auch während der Ausbringung der Gülle auf das Feld und des Umpumpens der Gülle in die AusbringeFahrzeuge sind keine Schwierigkeiten aufgetreten. Die Gülle ließ sich ohne Anhaftungen am Beckenrand oder Pumpschwierigkeiten durch den erhöhten TS-Gehalten aus dem Becken entnehmen. Da vor der Ausbringung das Homogenisierungsgerät durch den Versuch so oft gelaufen ist, lässt sich jedoch keine Aussage darüber treffen, ob eine veränderte Homogenisierungszeit erforderlich ist.

Durch die schnelle Ausbringung, die bereits eine Woche nach dem Versuch erfolgte, und die während der Arbeitszeit durchgeführte Vermischung lassen sich ebenfalls keine Angaben über die Bildung von Schwimmschichten oder eventuellem Aufschwimmen von BKS machen. Die sich über Nacht bildende Schwimmdecke war nach Aussagen des Qualitätsferkelhofes /19/ nicht durch Wind abgetragen worden, da keine Staubreste um den Behälter sichtbar waren.

#### **4.4 Vorschläge zur verbesserten Einbringung von BKS**

Für die Braunkohlenstaub-Einbringung in Güllebecken ist es von Vorteil, vorhandene Rohrleitungen in den Lagerbehältern zu nutzen. In diesen Fällen kann

- der Einbringschlauch gegen Auftrieb an diesen Rohrleitungen befestigt werden.  
Eine Fixierung erfolgt durch an verschiedene Rohrdurchmesser anpassbare Manschetten mit Schnellverschluss. Von Vorteil wäre eine passgerechte Kupplung für beide Schlauchenden, was jedoch in der Praxis eine einheitliche Größe der in die Lagerbehälter eingeführten Rohrleitungen an allen Tierzuchtanlagen voraussetzt. Damit kann sich der Schlauch bei steigendem Förderdruck nicht mehr selbst aus dem Rohr drücken.
- der BKS unterhalb der Oberfläche in das Becken eingebracht werden und länger in der indizierten Strömung verweilen und sich wie gewünscht benetzen.



In Dörghenhausen lagen für den Versuch strömungstechnisch ungünstige Voraussetzungen durch

- die flache kegelstumpfförmige Form des Beckens mit sehr großer Oberfläche,
- das bei Gülle immer vorliegende heterogene Gemisch,
- den mittig im Becken angeordneten Rührer und
- die Einbringform des BKS-Luftgemisches

vor.

Auch wenn der Rührer eine tangentielle Strömung, die aufgrund der Beckenform nicht das gesamte Becken erfasst, hervorruft, stellt bei der Einbringung des Staubes die gleichzeitige Einbringung größerer Mengen an Luft ein größeres Problem dar. Durch diese Form der Einbringung werden die festen Braunkohlenstäube an Fluidteilchen (Gasblasen) angekoppelt und mit diesen aufflotiert. Die Flotation ist ein Trennverfahren und tritt besonders bei hydrophoben Teilchen auf. /20/ Diese Eigenschaft weist auch der BKS auf. Die eingebrachte Luft verhindert, dass sich größere Mengen an Staub im Behälter mit der Gülle benetzen. Aufgrund der schnellen Einbringung unter Druckluftzugabe strömte der BKS zusammen mit der Luft auf, was durch lokal begrenzt aufsteigende Blasenbereiche im Becken und durch die aus trockenem BKS entstandene Schwimmschicht zu erkennen war.

Die Schwimmschicht war im Nachhinein schwer einzumischen und verblieb noch ca. zwei Tage auf der Gülleoberfläche. Aufgrund der Witterung kam es hier zu einem Schwelbrand auf der Schwimmschicht, der mit Feuerlöschern gelöscht werden musste. Vermutlich wäre dieser bei einer ausreichenden Einmischung am Tag der Einbringung nicht ausgebrochen.

Da der Eintrag von Luft die Hauptursache des Auftriebs des BKS ist, ist zu erwarten, dass Strombrecher am Beckenrand – an denen es eher noch zu weiterer unerwünschter Sedimentation kommen kann – oder einzelne, zusätzlich installierte Rührer, die nicht mittig, sondern am Rand schräg zur Behältermitte angebracht werden und teils entgegen der Strömung des Hauptrührers am Boden arbeiten, keine deutliche Verbesserung der Benetzung des BKS und somit des Vermischungsgrades bringen.



Der Effekt der Flotation des Staubes kann nur vermindert werden, indem

- der Kohlenstaub möglichst langsam (länger als 2 Stunden) und ohne Druckluft - somit im Freigefälle - der sich bewegenden Gulle zugemischt wird.
- im Falle einer Einbringung über Druckluft diese möglichst schnell im Becken vom BKS getrennt wird.

Es könnte der Einbau eines schnell rotierenden, kleinen Rührers direkt am Austritt des Gemisches aus dem Rohr in das Becken zur Trennung des Staubes von der Luft führen. Der Wirkungsgrad ist in einem praktischen Versuch zu testen.

Die Luftfeinmischung kann unterbleiben, wenn der BKS – wie in Variante 2 und 3 beschrieben – mit der Gulle mit Hilfe von statischen oder dynamischen Mischmaschinen außerhalb der Lagerbehälter luftarm und vollständig benetzt wird.

Das Homogenisierungsgerät sollte mindestens 4 Stunden vor dem Einbringen des BKS in Betrieb genommen werden, damit die Gulle bereits homogenisiert ist, sich in Bewegung befindet und ein optimales Mischergebnis bei der BKS-Zugabe erzielt wird.



## 5. Laborversuch zur Windanfälligkeit der Schwimmdecke

Die Zeitspanne und mengenmäßige Abfolge bei der Einbringung des BKS spielt eine herausragende Rolle beim Einmischerfolg und damit bei der dauerhaften Emissionsminderung.

Die Vor-Ort-Einmischung von 24 Tonnen BKS erfolgte in zwei Abschnitten von je 20 min. Es zeigte sich, dass dieser Zeitraum zu kurz für eine vollständige Vermischung und Benetzung war und sich daher eine trockene, einen Schwelbrand auslösende Schwimmdecke ausbildete.

Im Labor sollten daher in einer Untersuchung über 4 Tage folgende Fragen geklärt werden:

1. Wie schnell entmischt sich Kohlenstaub bei vollständiger sowie unvollständiger Benetzung?
2. Wie schnell trocknet die vollständig benetzte Staubschwimmschicht ab und bis zu welchen Tiefen?
3. Welchen Einfluss hat die Windgeschwindigkeit?

### 5.1 Versuchsplanung

Als Grundlage für die Untersuchung der Windverhältnisse wurden die Daten von der Wetterstation der FH Lausitz, Station Cottbus genommen. Dabei stellte sich heraus, dass im Jahresmittel die Geschwindigkeit bei 2 m/s lag. (Tabelle 10)

Im Laborversuch wurde aufgrund des vorhandenen Ventilators durchschnittlich eine maximale Windgeschwindigkeit von 6 m/s erreicht. Daher konnte keine Simulation bei stärkeren Windgeschwindigkeiten (wie z. B. mit der Spitzengeschwindigkeit im Februar 2004 von 12 m/s = Windstärke 6) durchgeführt werden.

Tabelle 10: Windgeschwindigkeiten in Cottbus für 2004

	Windgeschwindigkeit im 10 min. Mittel [m/s]		
	Mittelwert	Median	Max
Jan 04	2,03	1,8	7,9
Feb 04	2,43	2,20	12,00
Mrz 04	2,25	2,00	8,30
Apr 04	1,94	1,70	6,80
Mai 04	1,78	1,70	9,10
Jun 04	1,86	1,70	7,20
Jul 04	1,72	1,60	5,80
Aug 04	1,62	1,50	5,70
Sep 04	1,79	1,60	7,10
Okt 04	1,60	1,40	6,60
Nov 04	2,06	1,80	9,30
Dez 04	1,89	1,70	7,00

Für den Versuch wurden 5 ein Liter fassende Bechergläser mit 900 ml Wasser gefüllt und mit 27,9 g Braunkohlenstaub (ca. 3 Ma.-%) beaufschlagt. Die Wasseroberfläche befand sich ca. 1 cm unterhalb des Gefäßrandes. Die Versuchsdurchführung mit unterschiedlichem Vermischungsgrad und ausgewählter Windgeschwindigkeit erfolgte wie in Tabelle 11 dargestellt, teils mit vollständigem Benetzungsgrad (= sehr gute Durchmischung, Abb. 9) oder Teilbenetzung ähnlich der Einbringung (Abb. 8).

Tabelle 11: Behälterdurchmischung und Windverhältnisse

Behälternummer	Durchmischung	Simulierte Windgeschwindigkeit → Windstärke	Anmerkung
1	Schlechte Durchmischung (ähnlich der Einbringung)	0 [m/s]	BKS als trockene Schwimmschicht
2	Sehr gute Durchmischung	0 [m/s]	Vollständig benetzte Oberfläche, kein trockener BKS
3	Sehr gute Durchmischung	2 [m/s] → 2	
4	Sehr gute Durchmischung	6 [m/s] → 4	
5	Ständige Durchmischung	0 [m/s]	



Abbildung 8 Behälter 1 mit trockener Schwimmschicht



Abbildung 9 Behälter mit vollständiger Benetzung der Oberfläche

Der Braunkohlenstaub wurde in die Gefäße 2 bis 5 innerhalb von 20 min. in Teilmengen von jeweils ca. 1,5 g eingerührt. Die Vermischung erfolgte mittels Magnetrührstäbchen, welches ein axiales Strömungsbild hervorruft. Zur Reduzierung der Trombenbildung (Abb. 10) wurde ein Strombrecher (Glasstäbchen mit Rührblatt) in einem Winkel von  $12^\circ$  zur Behältermittelpunkt angeordnet.

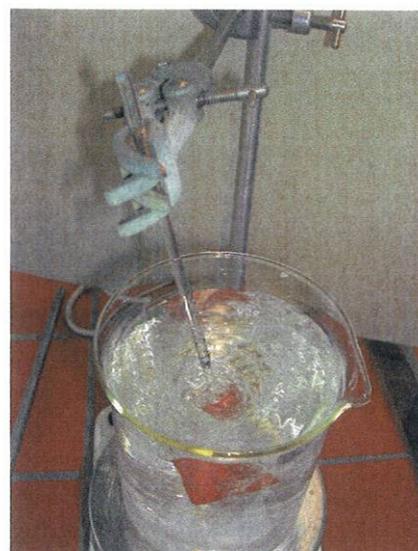


Abbildung 10 Einsatz eines Strombrechers gegen Trombenbildung bei Einmischung von BKS (Bild links: vor Standortoptimierung des Stäbchens, Bild rechts: nach Standortoptimierung)

Die Raumtemperatur während des Versuches betrug  $19 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

## 5.2 Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die BKS-Schwimmdecke

Während der Versuchsdurchführung wurden die Schwimmschichthöhe, Abtrocknungserscheinungen der Schwimmdecke durch Windeinfluss sowie die Bodenschichtbildung beobachtet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Einfluss von Wind auf unterschiedlich eingebrachten BKS

Datum	Uhrzeit	Behälter 1			Behälter 2			Behälter 3				Behälter 4			Behälter 5			
		GH cm	SS cm	BS mm	GH cm	SS cm	BS mm	GW m/s	GH cm	SS cm	BS mm	GW m/s	GH cm	SS cm	BS mm	GH cm	SS cm	BS mm
21.11.2005	11:30	12,8	1,5	3	12,2	1,1		2	12,1	0,8		6,5	12,2	1,5		12,7	0	
21.11.2005	14:20	12,8	1,5	3	12,1	1,1	0,4	2,2	11,8	0,8		5,8	12,1	1,2		12,5	0	
21.11.2005	16:20	12,8	1,5	3	12,1	1		2,5	11,8	0,9		6,9	12	1,3		12,4	0	
22.11.2005	08:05	12,6	1,5	3	11,9	1		2,2	10,6	0,9		6,7	8,6	1,3		11,9	0	
22.11.2005	12:00	12,6	1,5	3	11,8	1		1,8	10,4	0,9		7,2	7,7	1,3		11,9	0	
23.11.2005	08:05	12,2	1,5	3	11,6	1		2,2	9	0,7		6,2	2	0		11,5	0	
23.11.2005	11:30	12,2	1,5	3	11,6	1		2,3	8,9	0,7		6,6	1,6	0		11,4	0	
24.11.2005	08:05	12,1	1,5	3	11,4	1*)		2,1	7,1	1		6,3	0	0**)		10,7	0	
24.11.2005	11:30	12,1	1,5	3	11,3	1*)		1,8	6,5	0,8	0,7					10,6	0	

\*) Wasser wirkt durchscheinend

\*\*) Behälter ausgetrocknet, BKS trocken und aus Behälter herausgeweht

leere Zellen = nicht nachweisbar

GW: simulierte Windgeschwindigkeit

GH: Gesamthöhe Flüssigkeitsstand

SS: Schwimmschichthöhe

BS: Bodenschichthöhe (abgesetzter BKS)

Im Behälter 1 wurde der BKS unvollständig eingemischt. Schon eine Stunde nach Einbringung des BKS kam es im Behälter zu einer vollständigen Entmischung (Abb. 11), wobei ein sehr geringer Teil als Bodenschicht absank und der restliche Teil des Staubes als Schwimmschicht aufstieg. Aufgrund seiner hydrophoben Eigenschaften waren 95 % des aufschwimmenden Teils nicht mit Wasser benetzt. Auch 3 Tage nach dem Einbringen konnte keine weitere Benetzung durch aufsteigendes Kapillarwasser festgestellt werden. Dafür verdunstete im Vergleich zu den vollständig durchmischten Behältern weniger Wasser an der Oberfläche.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich auch in den anderen Versuchsbehältern eine Bodenschicht ausbildet, diese jedoch aufgrund der tief schwarz-braunen Farbe nicht erkennbar ist.



Abbildung 11 Eine Stunde nach unvollständiger Einmischung des BKS

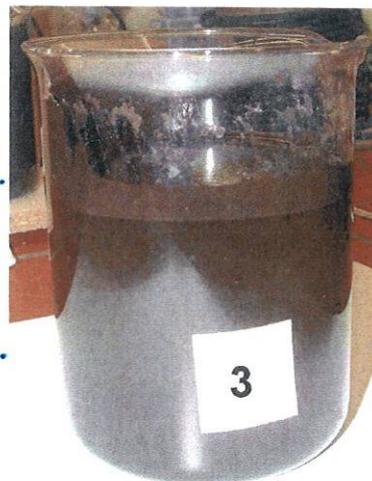


Abbildung 12 Behälter 3 mit Schwimmdecke und verdunsteter Wassermenge (23.11.05)

Am vierten Versuchstag wurde eine Entmischung im Behälter 2 festgestellt, welche jedoch als sehr subjektiv einzuschätzen ist. Bei den anderen Behältern konnte diese Erscheinung nicht lokalisiert werden. Auch ohne Windeinfluss kam es im Laufe der Untersuchung zu einer Verdunstung an der Behälteroberfläche, welche jedoch weder die Schwimmschichthöhe beeinflusste noch zu Abtrocknungserscheinungen an der Schwimmdeckenoberfläche führte.

Deutlichen Wasserverlust zeigten Behälter 3 sowie 4 (Abb. 12), bei denen mittels Ventilator verschiedene Windgeschwindigkeiten simuliert wurden. In der Untersuchung stieg die Verdunstungsmenge überproportional an. Im Falle des Behälters 4 (Abb. 13) führte es binnen 3 Tagen zur vollständigen Austrocknung. Der getrocknete Braunkohlenstaub wurde aus dem Behälter ausgeblasen und verteilte sich im Labor.

Das vollständige Austrocknen gefüllter Güllebehälter ist in der Praxis jedoch noch nicht festgestellt worden, so dass davon auszugehen ist, dass im Versuch ungünstige, teilweise unrealistische Bedingungen vorherrschten.

Trotz Windeinfluss konnte jedoch keine Austrocknung der Schwimmdecke erkannt werden (Abb. 14). Aufgrund vorhandener Kapillarkräfte bleibt diese immer feucht.



Abbildung 13 Vollständige Austrocknung bei Windgeschwindigkeiten von 6 m/s (Behälter 4)



Abbildung 14 Trotz reduzierter Wassermenge hat Behälter 4 eine feuchte Oberfläche

Behälter 5 wurde ständig gerührt, so dass sich keine Schwimmdecke aufbauen konnte. Im Vergleich zu Behälter 2 (ohne Rühren, sonst gleiche Bedingungen) nahm jedoch die Gesamtwasserhöhe stärker ab, da durch das Rühren eine größere Oberfläche zur Verdunstung geschaffen wurde.

Die Versuche zeigen, dass

- der Wind einen Einfluss auf die Verdunstungsmenge besonders bei vollständig durchmischten, benetzten Gemischen hat und dieser Einfluss mit steigender Windgeschwindigkeit zunimmt.
- der Wind bis zu einer Geschwindigkeit von 6 m/s die vollständig benetzte BKS-Oberfläche über einen Zeitraum von 4 Tagen nicht austrocknen kann und sich durch den Feuchtegehalt der Schwimmdecke die Brandgefahr deutlich verringert.
- sich nur ein minimaler Anteil an BKS am Boden absetzt.

Diese Aussagen zeigen eine Tendenz für das Verhalten von vollständig durchmischten BKS-Gülle-Gemischen. Für Langzeitaussagen sind weitere Untersuchungen notwendig.

## 6. Einsatz dynamischer Mischer

Die Firma Ystral GmbH bietet den dynamischen Mischer Conti TDS (Abb. 15, 16) an, der nach Aussagen der Firma gut geeignet ist für die Einmischung von Braunkohlenstaub in Gülle.

Ystral GmbH, Niederlassung Cottbus

Kirchstr. 3

03051 Cottbus

Tel.: (0355) 525047

01701875037

Fax: (0355) 540566

eMail: Klaus-Schulze@t-online.de

Ansprechpartner: Herr Schulze

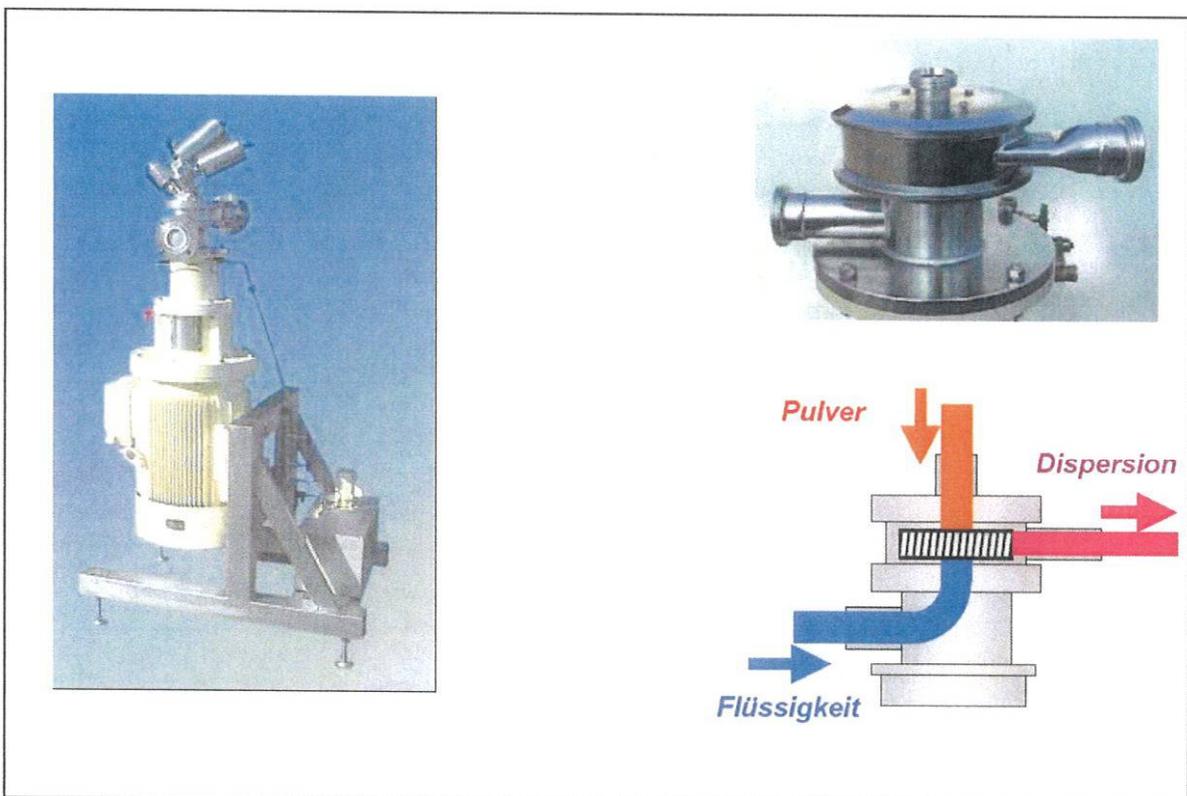


Abbildung 15 Dynamischer Mischer mit Benetzungs-, Dispergierkammer Conti TDS der Fa. Ystral GmbH mit Funktionsprinzip /Anhang 6/

Dieser Mischer kann bei der kontinuierlichen Zugabe von BKS beispielsweise aus einem Silo zum Einsatz kommen (Abb. 16).

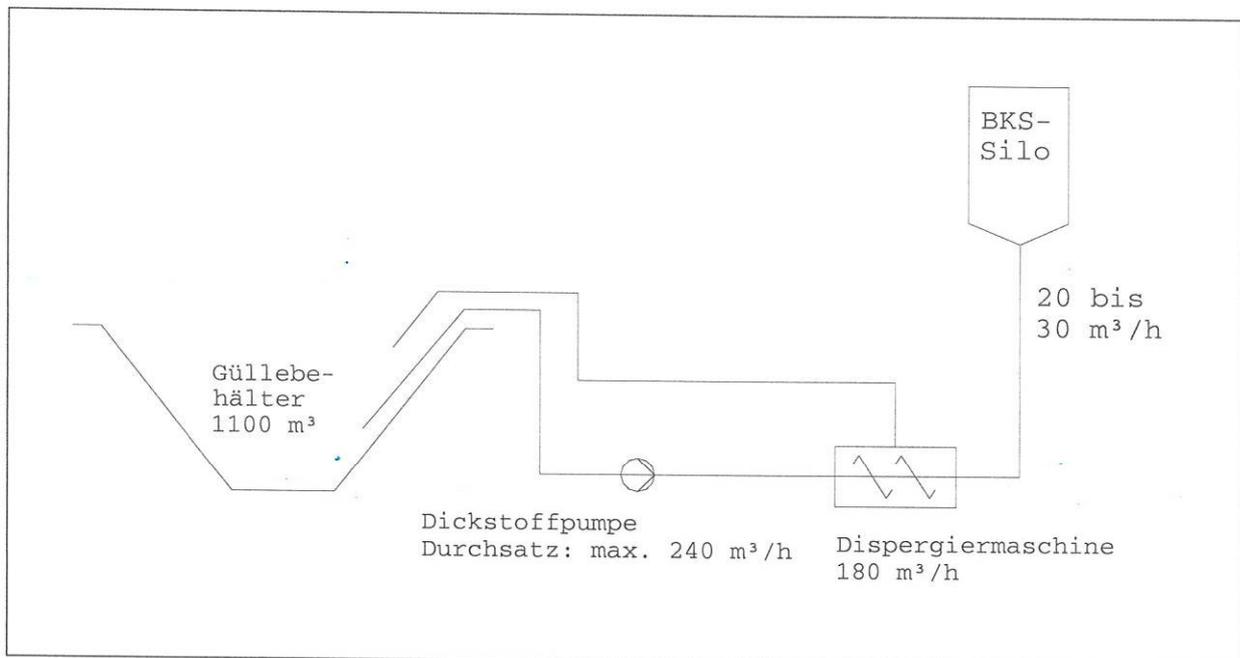


Abbildung 16 Technisches Schema des Dispergiermaschineneinsatzes

Für den Einsatz einer Dispergiermaschine in Dörghenhausen empfiehlt sich die Conti TDS 4 von Ystral. Die technischen Daten dieser Maschine sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Technische Daten der Conti TDS 4 /17/

Durchsatz	300 bis 1500 l/min
Motorleistung	25,0/42,0 kW
Drehzahl max.	3600 U/min
Pulvereinzug	10 bis 400 kg/min
Zulaufdruck	0,1 bis 0,6 bar

Im Anhang 6 sind die technischen Datenblätter des Conti TDS ausführlich hinterlegt.

Wird die notwendige Pulvermenge für einen Behälter sehr schnell in die Gülle eingemischt (in ca. 2 Stunden) und ist bis dahin aber noch kein vollständiger Durchlauf der Gülle bzw. keine

komplette Durchmischung erfolgt, ist der Weiterbetrieb des Conti TDS auch ohne Pulverzufuhr möglich.

Eine weitere Möglichkeit wäre der zusätzliche Einsatz eines Homogenisierungsgeräts zur Verteilung des BKS-Gülle-Gemisches im gesamten Becken, da damit eine schnelle Vermischung erreicht wird.

Dieser Mischer (Conti TDS) kann auf dem Lieferfahrzeug montiert werden. Da er selbstansaugend ist, muss nur ein gleichmäßiger Zulaufstrom des Braunkohlenstaubs gewährleistet sein. Geklärt werden konnte noch nicht, ob es im Lieferfahrzeug bzw. in Silos zur sogenannten Brückenbildung des Staubes kommt, der einen kontinuierlichen Austrag verhindert. Ystral bietet hierfür den Fluidisator FSA-5 (Abb. 17) zur Ausbringung des BKS an, welcher ca. 9.000,00 € zzgl. gesetzlicher MwSt. kostet. Dieser wird am Auslass des Silos oder Lieferfahrzeuges eingebaut.



Abbildung 17 Fluidisator FSA-5 mit Sacktüte der Fa. Ystral GmbH /17/

## 7. Vergleich der Emissionsminderungsverfahren und Kostenvergleich

In der Tabelle 14 sind die bekannten Emissionsminderungsmaßnahmen zuzüglich der Erfahrungen mit dem Einsatz des BKS aufgelistet und gegenüber gestellt. Die Sortierung erfolgte nach

- Abdeckmaßnahmen und
- sonstigen Maßnahmen,

beginnend mit der preiswertesten Variante. Die Kostenangaben enthalten nur die Anschaffungskosten (Materialkosten). Montage, Lieferung, Bevorratung, Wartung und Haltbarkeiten der Materialien sind nicht berücksichtigt.

Abdeckungsmaßnahmen verhindern grundsätzlich nur ein Austreten von geruchsintensiven und umweltschädigenden Gasen bei der Lagerung. Aufgrund eingesetzter Materialien werden sich bildende Gase in der Gülle zurückgehalten. Durch die Homogenisierung und das Abpumpen der Gülle vor der Ausbringung auf das Feld ist es sehr wahrscheinlich, dass diese Gase beim Verteilen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche austreten. Somit wird durch eine reine Abdeckung der Lagerbehälter die Umwelteinwirkung nur von der Lagerung auf die Feldausbringung verschoben. Die Ausgasung kann durch spezielle Gülleausbringungstechniken vermindert werden. Die Kosten sind jedoch in einem solchen Fall zu addieren. Würde man in Dörghäusern mit Stroh deckeln und die spezielle Gülle-Einarbeitungstechnik nutzen, würden im Jahr bei zweimaliger Ausbringen ca. 2180 € bis 3460 € an Kosten je nach Angebotspreisen für Gülleausbringung und Strohankauf entstehen. Eine Ausgasung während der Homogenisierungsphase und des Abpumpens in die Ausbringungstanks bleibt weiterhin bestehen. Die dabei austretenden Mengen wurden bisher noch nicht wissenschaftlich untersucht.

Umweltfreundlich ist die Nutzung von Maßnahmen, die gleichzeitig bei Lagerung und Ausbringung wirken, da hier zu keiner Zeit Gase austreten. Die Gase werden dabei meist chemisch-physikalisch gebunden. Zu diesen Verfahren zählen

- die proteinangepasste Fütterung,
- die Einmischung von Braunkohlenstaub,



- die Zugabe von Zuschlagsstoffen (Kalk u. ä.),
- die Zugabe von Kreidemehl (Bioaktiv) und
- die Zugabe von Säuren (Milchsäuren).

Die proteinangepasste Fütterung zeigt nur ein geringes Minderungspotential und ist zudem teuer. Hochgerechnet auf den Qualitätsferkelhof Dörghausen mit ca. 8.000 Schweinen entspräche dies eine Erhöhung der Futterkosten um 22.400 €/a. Auch die Zugabe von Säuren ist beim derzeitigen Stand zu kostenintensiv.

Da es bisher keine Informationen gibt, welches Minderungspotential der Einsatz von Kalk bringt und welchen Einfluss dieser Zuschlagsstoff durch sein stetes Aufbringen auf das Pflanzenwachstum birgt, ist dieses Produkt für den dauerhaften Einsatz derzeit nicht empfehlenswert.

Durch den Einsatz von (Bioaktiv), welches sowohl in das Futter gegeben als auch in die Gülle eingemischt werden kann, ist eine große Emissionsminderung in allen Bereichen der Tierhaltung erreichbar. Bei dem Produkt „Bioaktiv“ handelt es sich um ein sauerstoffinformatives Kreidepulver, das in einem Bioresonanzverfahren hergestellt wird. Es erreicht einen Stillstand der anaeroben Prozesse in der Gülle, wodurch die Fäulnisbakterien absterben. Gleichzeitig entstehen innerhalb weniger Tage große Mengen an aeroben Bakterien, die Sauerstoff aufnehmen und Kohlendioxid absondern. Der pH-Wert wird durch Bildung von Kohlensäure in einen neutralen Bereich absenkt. Die Gülle verliert ihre ätzende Wirkung und die Entstehung von Ammoniak ist stark gebremst. /18/

Der Einsatz von Braunkohlenstaub stellt eine fortschrittliche Lösung zur Emissionsminderung dar. Von den vorgestellten Maßnahmen, die im Bereich der Lagerung und Ausbringung ganzheitlich wirken, bietet eingemischter Braunkohlenstaub das höchste Minderungspotential. Im Hinblick auf steigende Anforderungen zum Schutz unserer Umwelt bietet das Einbringen von BKS einen hohen Standard und ist zudem kostengünstig.

Es ist nicht empfehlenswert, Braunkohlenstaub als reines Abdeckungsmaterial zu nutzen. Die im Versuch aufgetretene Brandgefährdung zeigt, dass sich nur stark durchfeuchteter BKS zur Deckelung eignet.



Tabelle 14: Vergleich der Minderungsmaßnahmen /10; 11; 12; 13/

	Maßnahme	Grad der Emissionsminderung [%]	Kosten	Vorteil	Nachteil	Höhe der Aufbringung	Bereich der Minderung		
							Stall	Lagerung	Ausbringung
Abdeckung	Stroh	75 - 85	0,50 - 1,30 €/m <sup>2</sup>	preiswert	führt zu Verstopfungen in Pumpen und Ausbringetechnik	ca. 10 cm		X	
	Perlite	80 - 90	1,30 - 1,80 €/m <sup>2</sup>		windempfindlich	ca. 10 cm		X	
	<b>BKS als Schwimmdecke</b>	keine Angaben	1,60 €/m <sup>2</sup>	Adsorptive Geruchsbindung, kein Anstauen	windempfindlich	ca. 5 cm		X	
	Schwimmfolien	85 - 95	1,70 - 2,00 €/m <sup>2</sup>		Bewirkt nur ein Anstauen der Gase	----		X	
	Zeltdächer	90 - 95	2,30 - 3,00 €/m <sup>2</sup>		Bewirkt nur ein Anstauen der Gase	----		X	
	Festdächer	95 - 98	3,00 - 3,60 €/m <sup>2</sup>		Bewirkt nur ein Anstauen der Gase	----		X	
Sonstige Maßnahmen	proteinangepasste Fütterung	Keine genauen Angaben (etwa 10 - 20)	2,80 €/Tierplatz	Minderungen in allen Bereichen	Minderung ist gering	----	X	X	X
	Stallbau (Lüftungsanlagen u.ä.)	keine Angaben	keine Angaben			----	X		
	Zuschlagsstoffe (Kalk u.ä.)	keine Angaben	0,20 - 1,50 €/m <sup>3</sup>			keine Angaben		X	X
	die Zugabe von Kreidemehl ins Tierfutter oder in die Gülle (Bioaktiv)	keine genauen Angaben; ca. 30 bis 50 % im Stall (bei Fütterung) und ca. 50 bis 90 % in der Gülle (bei direktem Einimpfen in die Gülle)	ca. 20 €/kg Anwendung: 1-1,5 kg/100 m <sup>3</sup> Gülle oder ca. 200 g/t Futter (200 - 260 g/a und Tier bei Rindern und 100 g/a und Tier beim Schwein)	Auflösen von Sinkschichten und Schwimmschlamm; Emissionsminderung im Stall, im Lagerbecken und bei der Ausbringung; Verbesserung der Fließfähigkeit; unterstützt das Pflanzenwachstum		----	X	X	X
	Spezielle Gülleausbringetechnik	keine Angaben	0,70 - 0,90 €/m <sup>3</sup>		Die Emissionsminderung tritt nur im Bereich Feld auf	----			X
	<b>BKS eingemischt</b>	85 - 99	1,90 - 2,00 €/m <sup>3</sup>	Emissionsminderung im Bereich Lagerung und Ausbringung		3 Ma.-%		X	X
	Zuschlagsstoffe (Säuren)	keine Angaben	5,00 - 10,00 €/m <sup>3</sup>		kostenintensiv	keine Angaben		X	X
	Biogasanlagen	Keine genauen Angaben (etwa 30)			Abdeckung der Lagerbehälter zwingend erforderlich	----			X

## 8. Zusammenfassung

Derzeit werden zur Minderung von Geruchsemissionen im landwirtschaftlichen Bereich verschiedene Verfahren eingesetzt. Es gibt jedoch nur wenige Maßnahmen, die gleichzeitig bei Lagerung, Abtransport und Ausbringung der Gülle wirken. Die bisher wissenschaftlich untersuchten Verfahren sind sehr kostenintensiv und werden daher nicht großtechnisch eingesetzt. Des Weiteren ist bei den meisten dieser Verfahren entweder nur ein sehr geringer Emissionsminderungseffekt bekannt oder dieser wurde noch nicht ermittelt.

Der Einsatz von zu gemischtem Braunkohlenstaub (BKS) bündelt Vorteile verschiedener Emissionsminderungsmaßnahmen:

- Deckelung der Lageroberflächen durch Bildung einer feuchten Schwimmschicht,
- Geruchsminderung bei Lagerung, Abtransport und Ausbringung der Gülle durch Adsorption und pH-Wert-Verschiebung,
- Geruchs-Minderungseffekte zwischen 85 bis 99 %,
- Kostengünstigkeit des Verfahrens,
- Pflanzenverträglichkeit.

Eine trockene Deckelung mit BKS ist aufgrund der Brandgefährdung abzulehnen.

Zur Einbringung des Braunkohlenstaubes wurden verschiedene Varianten wirtschaftlich betrachtet. Die kostengünstigste Variante mit jährlich zusätzlichen Kosten von 3600 € ist eine Einbringung des BKS mit Hilfe eines Anlieferfahrzeuges und der Vermischung durch eine vorhandene Umwälzeinrichtung des landwirtschaftlichen Betriebs. Möglich ist auch der kostenintensivere Einsatz eines sich auf dem Anlieferfahrzeug befindlichen dynamischen Mixers der Firma Ystral. Die teuerste und zugleich die emissionstechnisch günstigste Variante ist das kontinuierliche Einbringen des BKS durch ein vorhandenes Silo mit statischem Mischer direkt beim Anfall der Gülle.



Empfehlenswert wäre der Aufbau einer mobilen Anliefer- und Mischeinheit, da nicht immer Homogenisierungsgeräte vor Ort verfügbar sind sowie eine luftarme und dadurch benetzungstechnisch günstige Vermischung von Gülle und BKS erfolgt. Bei entsprechenden Abnahmemengen durch die Bauern rentieren sich diese Investitionen.

Erste Messungen an einem Güllebehälter, welcher mit ca. 2 Ma.-% BKS beaufschlagt wurde, zeigte, dass sofort mit der Einbringung des BKS die Geruchsemission drastisch abnahm. Bereits eine Stunde nach Einbringung lag eine Emissionsminderung von 75 % vor. Die Ammoniakemissionen konnten innerhalb von fünf Stunden um über 95 % gesenkt werden.

Für die Bestimmung des Emissionsminderungsgrads des BKS müssen Messungen über einen längeren Zeitraum stattfinden. Dazu sind für einen Vergleich mit nicht behandelter Gülle nach frühestens zwei bis drei Monaten nach Zugabe eine weitere Messung am mit BKS beaufschlagten Güllelagerbehälter durchzuführen. Der Rührer sollte zur besseren Vergleichbarkeit genauso lange wie bei der Messung direkt nach der Zugabe laufen. Somit kann eine Aussage zur Langzeitwirkung getroffen werden.

Für wiederholende Untersuchungen mit neu beaufschlagten Güllebehältern empfehlen sich folgende Messungen:

1. Messungen vor Zugabe des BKS
  - a. Vor Zuschaltung des Rührers (ruhender Zustand, Grundzustand)
  - b. Nach Zuschaltung des Rührers, kurz vor Zugabe des BKS
2. Messungen nach Zugabe des BKS
  - a. Ca. ein Tag nach Zugabe (Rührer-Zeitspanne wie 1 b. zur besseren Vergleichbarkeit)
  - b. Ca. zwei bis drei Monate nach Zugabe (ruhender Zustand)
  - c. Ca. zwei bis drei Monate nach Zugabe (Rührer-Zeitspanne wie 1 b. zur besseren Vergleichbarkeit)

Die Messung im ruhenden Zustand soll die Emissionsrate der Gülle im Lagerzustand zeigen, nach der Homogenisierung im Zustand kurz vor der Entnahme.



Da im dargestellten Versuch die Einmischphase sehr kurz und der Lufteintrag – welcher zur Entmischung führte – sehr groß war, ist in einem weiteren Versuch die optimale Einmischzeit, -menge je Zeiteinheit sowie Einmischtechnik zu ermitteln.

In weiteren Forschungen müssen die Unterschiede zwischen behandelter und unbehandelter Gülle nach dem Ausbringen untersucht werden. Dabei ist auf das Pflanzenwachstum und die Emission bei der Ausbringung einzugehen. Die praktischen Erfahrungen beim Wiederaufschlännen sowie Ausbringen des Gülle-BKS-Gemisches aufs Feld sind detailliert zu dokumentieren. Hier sollten sich unbedingt weitere Untersuchungen anschließen, bei denen abzuklären ist, ob eine Ausbringung des Gemisches durch ein regelmäßiges Umwälzen, Vermischen im Lagerbehälter verbessert wird.

Weiterhin ist zu klären, ob geringere Zumischungen, etwa 2 Ma.-% oder 1 Ma.- % BKS, oder der Einsatz von Rohbraunkohle die gleiche Wirkung erzielen. Dies würde zu einer Kostensenkung führen.

Soll zur Einbringung des BKS ein dynamischer Mischer der Firma Ystral zum Einsatz kommen, ist der mit dem Gerät erreichbare Vermischungsgrad zu testen.

Als weiterer Einsatzbereich ist die Zumischung des BKS als Futterzuschlagsstoff oder als Streu im Stallbereich durch wissenschaftliche Untersuchungen zu erschließen. Dabei ist im Besonderen auf die Wirkung des Braunkohlenstaubes im Verdauungstrakt der Tiere, die Wirksamkeit des BKS nach der Verdauung und der Einstreu zu achten sowie die technische Einbringung darzustellen.



## Literatur

- /1/ BImSchG – Bundesimmissionsschutzgesetz vom 26. September 2002
- /2/ TA-Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 24. Juli 2002
- /3/ Müller, H.-J.; Gläser, M.; Möller, B.; Stollberg, U.: Datenerhebung zur Fortschreibung der VDI-Richtlinien Emissionsminderung Tierhaltung (VDI 3471, 3472 und 3473) für Geflügel, Rinder, Schweine - Bewertung von Geruchsbelastungen aus der Landwirtschaft. KTBL Sonderveröffentlichung 31; Symposium Oktober 2000 in Braunschweig
- /4/ Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngemittelverordnung). Februar 2003
- /5/ Mitteilung vom Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik der Bundesländer Brandenburg, Sachsen und Sachsen Anhalt, Juni 2005
- /6/ Hüffmeier, H.: Gülle – Eigenschaften, Anfall, Lagerdauer, Lagerraumbedarf. Bau Briefe Landwirtschaft Heft 29/1986
- /7/ Datenblatt der Vattenfall Europe Mining AG, Mai 2005
- /8/ Hörnig, G.; Scherping, E.; Stollberg, U.: Behandlung von Schweinegülle mit Braunkohlenstaub. Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Versuchsbericht vom 14.08 bis 28.08.2001
- /9/ Werner, W.; Scherer, H. W.: Prüfung der Stickstoff- und Phosphat-Wirkung sowie der Pflanzenverträglichkeit von Gülle-Braunkohle Kompost. Versuchsbericht des Agrikulturchemischen Instituts Bonn
- /10/ [http://www.lwk-rlp.de/bilder/709\\_emissionenausguellebehaeltern.pdf](http://www.lwk-rlp.de/bilder/709_emissionenausguellebehaeltern.pdf)  
↳ Emission aus Güllebehältern, Nov. 2005
- /11/ <http://www.lwk-we.de>  
↳ Homepage der Landwirtschaftskammer Weser Ems, Nov. 2005
- /12/ KTBL Arbeitsblatt: „Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft, Minderungsmöglichkeiten und deren Kosten“ 2003
- /13/ Andree, H.; Hügle, T.; Roth, E.: Einfluss der Fütterung auf die Geruchsfreisetzung in Mastschweinegülle. 6. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung; März 2003 in Vechta
- /14/ VDI-Richtlinie 3471: Emissionsminderung, Tierhaltung - Schweine. Beuth Verlag, Berlin, 1986



- /15/ VDI-Richtlinie 3472: Emissionsminderung, Tierhaltung - Hühner.  
Beuth Verlag, Berlin, 1986
- /16/ mündliche Mitteilung von Herrn Noack, Vattenfall Europe Mining AG, Febr. 2005
- /17/ Datenblatt der Ystral GmbH, Mai 2005
- /18/ Bioaktiv als Tierfutter. Informationsbroschüre der BioAktiv-Pulver Produktions- und Vertriebs GmbH Würchwitz, Mai 2005
- /19/ mündliche Mitteilung von Herrn Schwartz, Qualitätsferkelhof Dörghausen,  
Nov. 2005
- /20/ Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig,  
3. Aufl. 1990



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Viehbestand von Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg in 1000 Stück ....	6
Abbildung 2: Darstellung des Qualitätszuchthofes Dörghausen .....	15
Abbildung 3 Schematischer Aufbau der BKS-Anlieferung und -Vermischung .....	20
Abbildung 4 Vorhandenes Rohr, in das der flexible Schlauch eingebracht wird .....	21
Abbildung 5: Messapparatur zur Bestimmung der Parameter .....	23
Abbildung 6: Graphische Darstellung der Minderung der Geruchskonzentration.....	26
Abbildung 7: Graphische Darstellung der Minderung der Ammoniakkonzentration .....	26
Abbildung 8: Behälter 1 mit trockener Schwimmschicht .....	30
Abbildung 9: Behälter mit vollständiger Benetzung der Oberfläche .....	30
Abbildung 10: Einsatz eines Strömungsbrechers gegen Trombenbildung bei Einmischung von BKS .....	30
Abbildung 11: Eine Stunde nach unvollständiger Einmischung des BKS.....	32
Abbildung 12: Behälter 3 mit Schwimmdecke und verdunsteter Wassermenge (23.11.05) .....	32
Abbildung 13: Vollständige Austrocknung bei Windgeschwindigkeiten von 6 m/s (Behälter 4).....	33
Abbildung 14: Trotz reduzierter Wassermenge hat Behälter 4 eine feuchte Oberfläche.....	33
Abbildung 15: Dynamischer Mischer mit Benetzungs-, Dispergierkammer Conti TDS der Fa. Ystral GmbH mit Funktionsprinzip .....	36
Abbildung 16: Technisches Schema des Einsatzes .....	37
Abbildung 17: Fluidisator FSA-5 mit Sacktüte der Fa. Ystral GmbH .....	38



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Genehmigungsrelevante Anlagenkapazitäten nach BImSchG .....	4
Tabelle 2:	Gülleanfall der Bundesländer Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt für 2002 .....	7
Tabelle 3:	Eigenschaften von Lausitzer Braunkohlenstaub .....	9
Tabelle 4:	Ergebnisse zur Höhe der Geruchsemissionsminderung .....	11
Tabelle 5:	Einfluss verschiedener Phosphatdünger auf den Trockenmasse-Ertrag (g/Gefäß) von Weidegras .....	13
Tabelle 6:	Vergleich der Anlagenvarianten bei zweimaliger Anwendung im Jahr .....	18
Tabelle 7:	Zeitlicher Ablauf des Versuches in Dörghausen .....	19
Tabelle 8:	Wetterverhältnisse während der Messung.....	22
Tabelle 9:	Messergebnisse des Versuches.....	24
Tabelle 10:	Windgeschwindigkeiten in Cottbus .....	29
Tabelle 11:	Behälterdurchmischung und Windverhältnisse.....	29
Tabelle 12:	Einfluss von Wind auf unterschiedlich eingebrachten BKS .....	31
Tabelle 13:	Technische Daten der Conti TDS 4 .....	37
Tabelle 14:	Vergleich der Minderungsmaßnahmen .....	41



**Anhang**

- A1 Untersuchungsbericht von ATB zur Emissionsminderung
- A2 Versuchsbericht zur Verträglichkeit des BKS mit Pflanzen
- A3 technologisches Schema der Anlagenvariante 1
- A4 technologisches Schema der Anlagenvariante 2
- A5 technologisches Schema der Anlagenvariante 3
- A6 Unterlage zum dynamischen Mischer „Conti TDS“ der Fa. Ystral GmbH