

Luftkühlung in der Schweinemast mit Hilfe der Absorptionskältetechnik

[Geruchsemissionsminderung durch Luftkühlung in der Schweinemast]

DR. M. MUßLICK¹, DR. G. BEYERSDORFER¹, DR. G. REINHOLD¹, DR. UTE WANKA²,
DR. W. FROSCH³, DIPL.-ING. M. PILZ⁴

- ¹... **THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT JENA/ CLAUSBERG**
Am Rennsteig 03
D 99819 OBERELLEN/ CLAUSBERG
Internet: <http://www.tll.de>
eMail: m.musslick@clausberg.tll.de
- ²... **SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT DRESDEN/ KÖLLITSCH**
Am Park 03
D 04886 KÖLLITSCH
Internet: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de>
eMail: ute.wanka@koellitsch.lfl.smul.sachsen.de
- ³... **MARTIN LUTHER UNIVERSITÄT HALLE - WITTENBERG / INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK**
Ludwig- Wucherer- Str. 81
D 06108 HALLE
Internet: <http://www.landw.uni-halle.de>
eMail: frosch@landw.uni-halle.de
- ⁴... **THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE JENA**
Prüssingstraße 25
D 07745 JENA
Internet: <http://www.tlug-jena.de>
eMail: pilz@tlug-jena.thueringen.de

Problemstellung

Für die Nutzung erneuerbarer Energien aus Biomasse, insbesondere zur Erzeugung von Biogas, sind gegenwärtig verschiedene Anlagenkonzepte unterschiedlicher Systemanbieter am Markt verfügbar. Nahezu alle diese Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass aus den Einsatzstoffen z.B. Gülle und ggf. mit Zusatz von Substraten, (wie z.B. Maissilage, Futterreste) Biogas erzeugt wird, das zum Antrieb von Blockheizkraftwerk (BHKW) -Modulen dient. Die vom BHKW erzeugte Elektroenergie wird meist zu 100 % in das Netz des örtlichen Energieversorgers eingespeist. Eine Nutzung der bei dieser klassischen Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig erzeugten Wärme ist jedoch nur in seltenen Fällen, z.B. zur saisonalen Beheizung von Werkstatt- und Verwaltungsgebäuden oder aber auch für die Beheizung von Stallanlagen möglich.

Das in diesem Projekt angestrebte Nutzungskonzept für die erzeugte Wärme basiert auf der Überlegung, diese Niedertemperaturwärme zum Antrieb einer Absorberkälteanlage zu verwenden. Damit kann die Wärme sowohl im Winter zur Beheizung als auch im Sommer zur Kühlung einer Schweinemastanlage verwendet werden.

Nach Recherchen ist diese Nutzungskonzeption in ihrer Gesamtheit, nämlich Biogaserzeugung aus Rinder- und Schweinegülle und Biogasnutzung zur direkten Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, in Thüringen noch nicht verwirklicht worden. Auch deutschlandweit ist nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine vergleichbare Anwendung bekannt. Dem Projektgedanken einer effizienten Erzeugung und Nutzung von Energie aus Biomasse wird mit dieser Anlagensystemlösung in hohem Maße Rechnung getragen.

PARAMETER UND AUSGEWÄHLTE PRODUKTIONSERGEBNISSE DER BIOGASANLAGE IN RIETH

Die in Rieth errichtete und im Juli 2002 in Betrieb genommene, landwirtschaftliche Biogasanlage zeichnet sich durch folgende Parameter aus (Abb. 1):

- 800 m³ Biogasreaktor in Stahlbauweise mit integriertem Gasspeicher
- 85 kW Gas-Otto-Motor zu Gasverwertung mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zur Beheizung und Kühlung eines Schweinestalls.

Einsatzstoffe sind Rinder- und Schweinegülle sowie nachwachsende Rohstoffe.

Nach einer kurzen Anlaufphase wurde in der Anlage relativ schnell eine mittlere Gaserzeugung zwischen 1 400 und 1 600 m³/d mit einer Reaktorbelastung von 2 ... 3 kg/m³ d erreicht. Die Einsatzsubstrate und erzielten Produktionswerte sind in Tabelle 1 für zwei Perioden dargestellt.

In der Anlage in Rieth wurden innerhalb des ersten Betriebsjahres (01.08.2002 bis 31.07.2003) 480 000 m³ Biogas verstromt. Das 85 kW BHKW lief dazu 7 750 Stunden mit einer Auslastung von 94 % der Nennleistung. Insgesamt folgt somit eine bemerkenswerte jährliche Auslastung der BHKW Nennleistung von 83 % .

Biogasanlage Rieth



Betreiber: Landwirtschaftliches Unternehmen
Norbert Wirsching

Größe: 1 x 800 m³ Fermentervolumen

Gasverwertung: BHKW (GOM) 1 x 85 kW_e



Substrateinsatz:

Rindergülle	10.950 t/a
Schweinegülle	1.400 t/a
Maissilage	720 t/a

Besonderheit: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zur Belüftung (Heizung und Kühlung) eines Schweinemaststalles

Planung: Verfahrenstechnisches Institut Saalfeld GmbH

Inbetriebnahme: 2002

Abbildung 1: Biogasanlage in Rieth

Tabelle 1: Substrateinsatz und Produktionsergebnisse in der Biogasanlage Rieth

Parameter	Einheit	01.08.-31.12.2002	01.01.-31.07.2003
Substrateinsatz			
Rinder- u. Schweinegülle	m ³ /d	29,4	29,0
Maissilage	t/d	1,06	0,53
CCM	kg/d	175	198
Kleinkorn	kg/d	197	130
Prozessparameter			
Verweilzeit	Tage	26,5	28,0
Reaktortemperatur	°C	34,2	35,4
Reaktorbelastung	kg/m ³ d	2,77	2,48
Gaserträge			
tägliche Biogasverbrauch	m ³ /d	1.350	1.316
Methangehalt	%	(64,5) ¹⁾	48,3
Biogasausbeute	m ³ /kg oTS	0,629	0,673
BHKW			
Laufzeit	h/d	21,0	22,4
Leistung	kW	79,9	79,6
Wirkungsgrad (elektrisch)	%	- ¹⁾	30,45 ²⁾

1) Systematischer Messfehler bei der Methanmessung 2) Auf Normbedingungen umgerechnet

Da in der Anlage nur der Gasverbrauch vor dem BHKW gemessen wird, führen die notwendigen Ölwechsel (Intervall 300 Bh) zu scheinbaren Schwankungen in der Gaserzeugung (Abb. 2). In den Zeiten des Ölwechsels wird der im Reaktoroberteil integrierte Gasspeicher gefüllt, so dass kaum Gasverluste auftreten.

Eine völlig konstante Gaserzeugung lässt sich aber nicht erreichen, da z.B. Reinigungsvorgänge usw. die Trockensubstanzgehalte der Gülle schwanken lassen. Durch Variation der eingesetzten Menge an Co-Substraten ist es aber gut möglich eine relativ konstante Biogaserzeugung zu erreichen. Die ist Voraussetzung für einen stabilen Betrieb des BHKW's im Nennlastbereich.

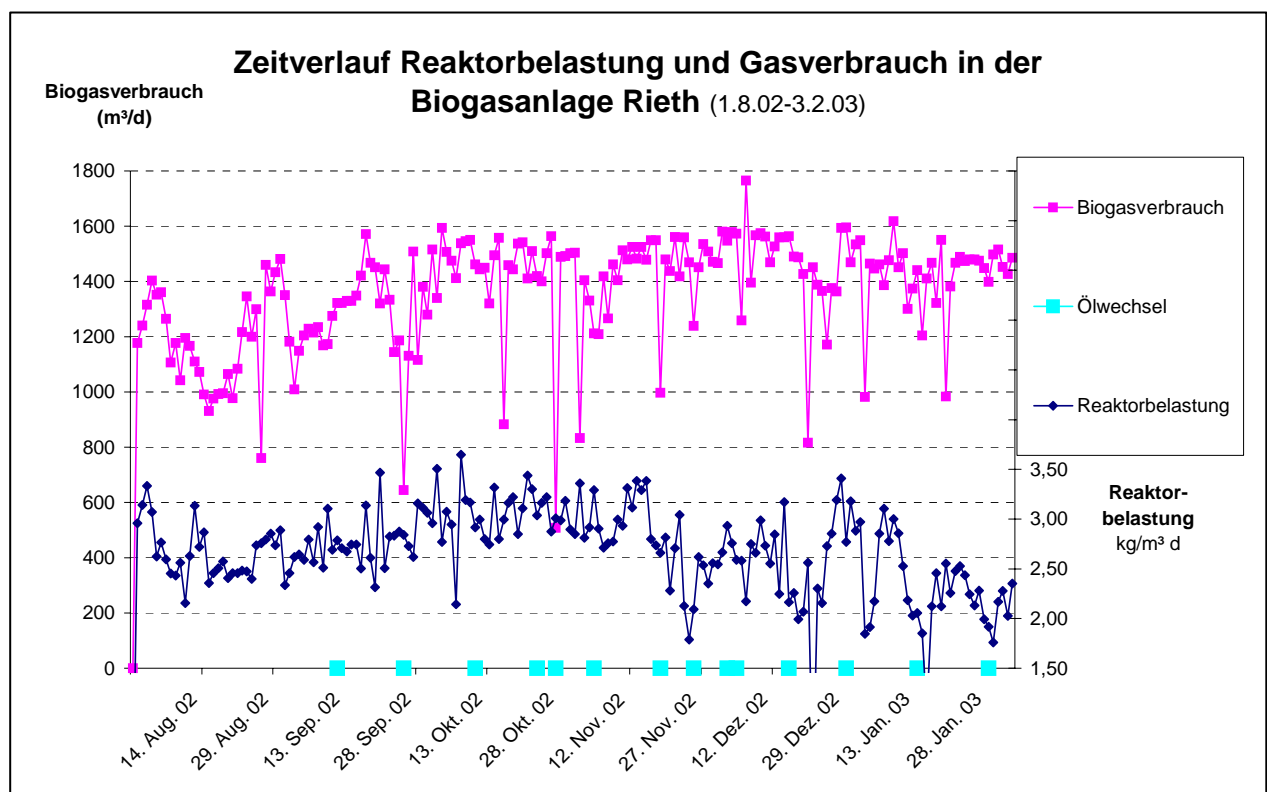


Abbildung 2: Zeitverlauf Reaktorbelastung und Gasverbrauch in der Anlage Rieth

Die Analyse der in der Biogasanlage entnommenen Gülleproben zeigen folgende Ergebnisse (Abb. 2):

- durch den Einsatz von Silage und Kleinkorn wird der TS-Gehalt im Mischsubstrat deutlich erhöht.

- Die Vorgrube wird in gewissen Grenzen als Vorsäuerungsstufe für den Biogasprozess genutzt, wie an der Absenkung des pH-Wertes von 6,8 auf 5,8 und dem Anstieg der flüchtigen Fettsäuren von 7,6 auf 12,0 g/l festzustellen ist.
- Während des Biogasprozesses wird der TS-Gehalt um ca. 35 % verringert und die flüchtigen Fettsäuren werden zu 83 % abgebaut. Der ermittelte TS-Abbau von 30 g/l entspricht üblichen Werten und lässt sich gut aus der Reduktion des Gehaltes an organischer Trockensubstanz (von 82,5 % auf 72,8 %) erklären.
- Der TS-Abbau während der Fermentation erklärt sich vollständig aus dem Abbau an oTS (Abbauwerte 30 g/l). Theoretisch errechnet sich aus diesen Abbauwerten eine Biogasbildung von ca. 25 m³ Biogas pro m³ Gülle, woraus sich eine theoretische Gasbildung von ca. 780 m³/d errechnet. Die gemessene Biogasbildung betrug ca. 1 100 m³_N/d. Die zeigt, dass eine beträchtliche Gasmenge aus dem Fettsäureabbau gebildet wird.
- Weiterhin wurde eine Erhöhung des NH₄-N Anteiles von ca. 40 % des N_t auf 60 % des N_t im Faulschlamm festgestellt.

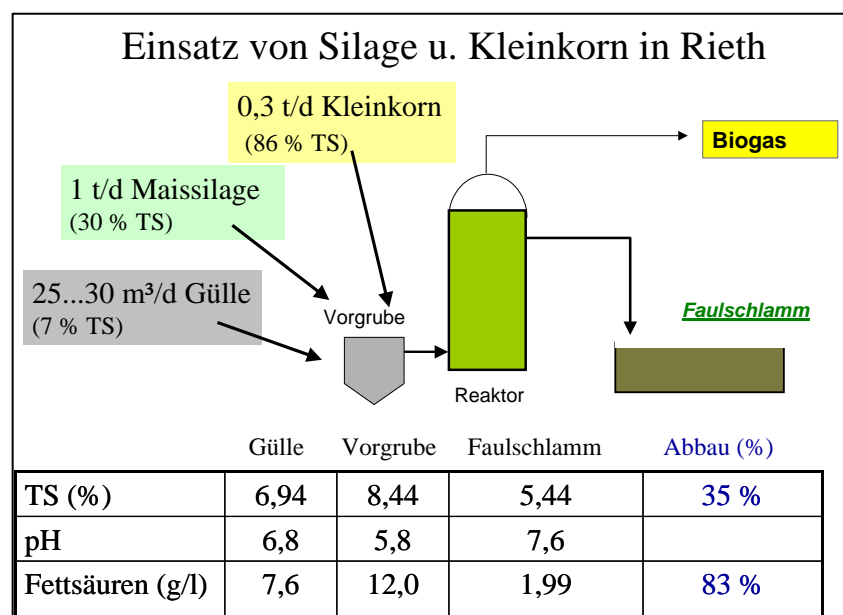


Abbildung 3: Ergebnisse des Einsatzes von Silage und Kleinkorn in der Biogasanlage

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei Entnahme von repräsentativen Substratproben ausgehend vom TS- und oTS-Gehalt eine Bilanzierung der Biogasbildung möglich ist.

In der Anlage in Rieth traten trotz Einsatz der Luftzudosierung im Biogasreaktor hohe Schwefelwasserstoffgehalte im Biogas ($>>1\ 000\ \text{ppm}$) auf. Alle Versuche, die Wirksamkeit des eingesetzten Entschweflungsverfahrens zu verbessern, schlugen fehl. Es wurde dementsprechend entschieden, eine externe Entschweflungsanlage zu errichten. Die ursprünglich angedachte Variante des Einsatzes von feststoffbefreiter Gülle als Nährmedium für die schwefelreduzierenden Bakterien führte nicht zum Erfolg, da es zu Verstopfungen usw. kam.

Seit Einsatz von Nährlösung auf Basis von Mineraldünger arbeitet der Entschwefler sehr effizient.

Absorptionskälteanlage *WEGRACAL SE*

Die Absorptionskälteanlage vom Typ *WEGRACAL SE* wird mit Warmwasser im Temperaturbereich von $80\ ^\circ\text{C} - 90\ ^\circ\text{C}$ betrieben. Die Funktionsweise beruht auf einem kontinuierlichen Absorptionsprozess mit dem Arbeitsstoffpaar Lithiumbromid / Wasser, der zur vereinfachten Darstellung in folgende Einzelschritte unterteilt werden kann (Abbildung 4):

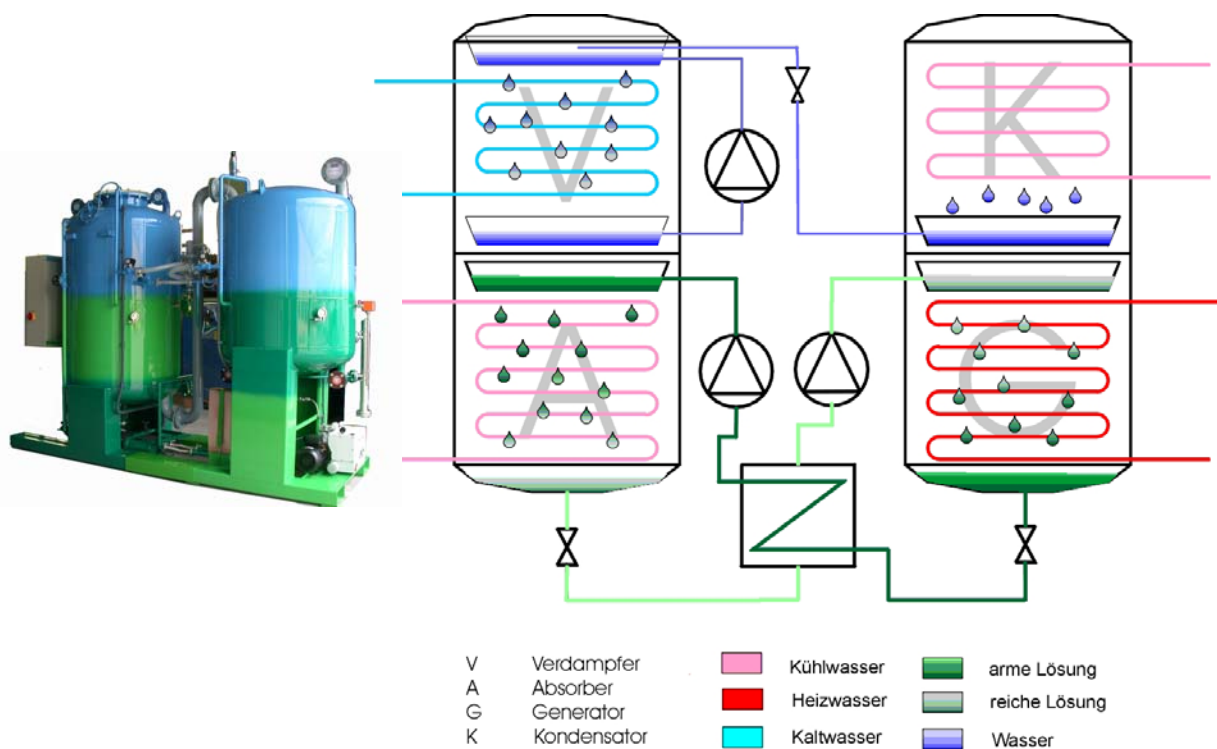
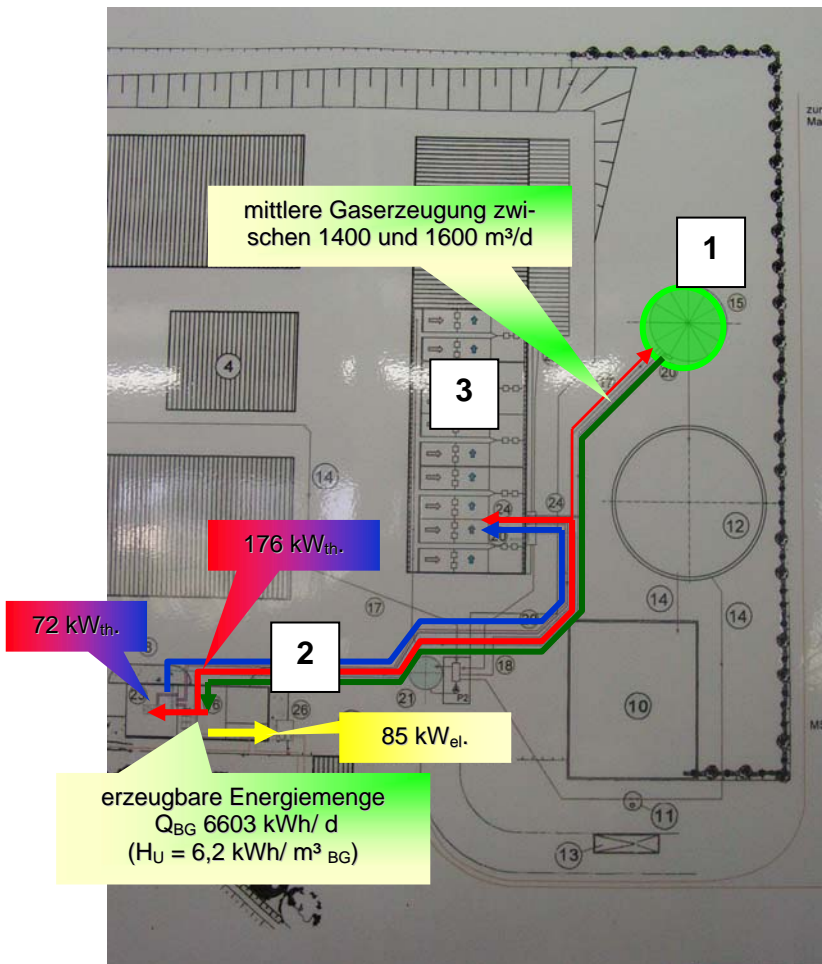


Abbildung 4: Absorptionskälteanlage *WEGRACAL SE*

- LÖSUNGSPUMPE:** Die den Absorber verlassende kältemittelreiche Lösung wird durch eine Pumpe abgesaugt. Diese Lösungsmenge wird durch einen Wärmetauscher zum Generator gefördert (Abbildung 4).
- GENERATOR (G):** Die kältemittelreiche Lösung wird gleichmäßig über dem Generator verteilt. Durch die Zufuhr von Warmwasser wird aus der Lösung Kältemittel ausgedampft. Die nun wieder konzentrierte Lithiumbromid-Lösung wird mit einer Pumpe zurück zum Absorber gefördert (Abbildung 4).
- KONDENSATOR (K):** Der im Generator ausgetriebene Kältemitteldampf strömt zum Kondensator und wird dort verflüssigt. Die dabei frei werdende Wärme wird an das Kühlwasser abgegeben. Das verflüssigte Kältemittel wird über eine Drossel entspannt und dem Verdampfer zugeführt (Abbildung 4).
- VERDAMPFER (V):** Das vom Kondensator kommende Kältemittel fließt zur Verdampferwanne. Dort wird es von einer Kältemittelpumpe angesaugt, nach oben in ein Berieselungssystem gepumpt und über den Verdampferrohren verteilt. Auf Grund des hohen Vakuums verdampft ein Teil des Kältemittels bereits bei sehr niedrigen Temperaturen. Die für die Verdampfung notwendige Wärme entzieht das Kältemittel dem in den Verdampferrohren fließenden Kaltwasser, welches sich dabei von 12 °C auf bis zu 6 °C abkühlt (Abbildung 4).
- ABSORBER (A):** Im Absorber wird der aus dem Verdampfer kommende Kältemitteldampf mit konzentrierter Lösung in Verbindung gebracht, wobei die Lösung ebenfalls mit einem Berieselungssystem fein verteilt wird. Bei diesem Vorgang wird der Kältemitteldampf von der Lösung absorbiert. Die dabei frei werdende Wärme wird durch das Kühlwasser aufgenommen und über ein Rückkühlwerk an die Umgebung abgegeben. Die entstehende kältemittelreiche Lösung sammelt sich im Sumpf des Absorbers und wird dort von der Lösungsmittelpumpe angesaugt (Abbildung 4).

ERGEBNISSE DER WÄRME UND KÄLTENUTZUNG

Das in Rieth verwirklichte Nutzungskonzept für die erzeugte überschüssige Wärme basiert auf der Überlegung, diese Niedertemperaturwärme zum Antrieb einer Absorberkälteanlage zu verwenden.



Damit kann die Wärme sowohl im Winter zur Beheizung als auch im Sommer zur Kühlung einer Schweinemastanlage verwendet werden. Einen schematischen Aufbau der Gesamtanlage zeigt Abbildung 5

Abbildung 5: Tierhaltungsanlage Rieth (1... Biogasreaktor, 2 ...BHKW mit Absorptionskälteanlage, 3... Schweinemaststall)

Zu den Vorteilen der Biogasanlage wie

- effiziente und umweltfreundliche Energieerzeugung
 - bessere Güllebewirtschaftung
 - zusätzliches wirtschaftliches Standbein für den Landwirt
- werden durch die Kühlung der Stallanlage
- zusätzliche Gewichtszunahme der Tiere
 - Verringerung der Tierverluste
 - erhebliche Verminderung der Ammoniakemissionen

zu verzeichnen sein. Um eine einheitliche Bewertung der Verfahrenslösung zu gewährleisten, werden an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Tierproduktion Clausberg, in Zusammenarbeit mit der Sächsischen Landesanstalt für

Landwirtschaft Dresden, der Martin Luther Universität Halle - Wittenberg und der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Jena 2003/ 2004 vergleichende Untersuchungen vorgenommen. Methode und Aufgabenumfang sind Abbildung 6 bzw. Tabelle 2 zu entnehmen.

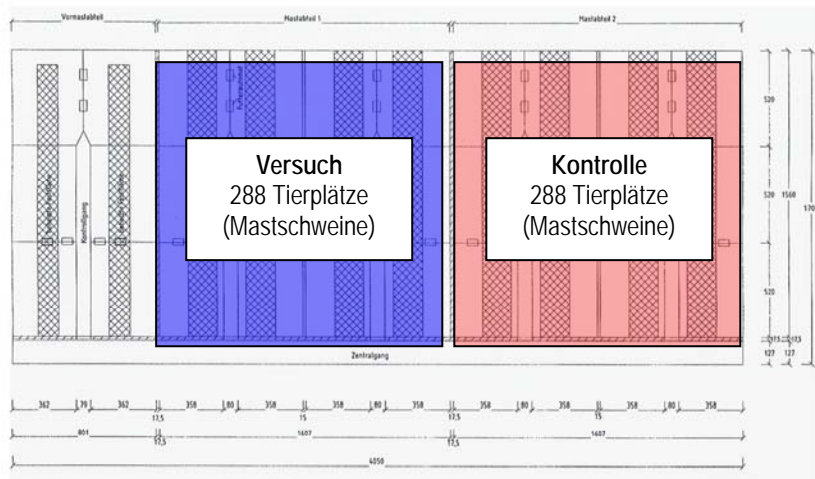


Abbildung 6 : Schematische Darstellung der zu untersuchenden Systeme (links Versuchsabteil [gekühlt], rechts Kontrollabteil [nicht gekühlt])

Tabelle 2: Untersuchungsgegenstand und Methoden

Untersuchungsgegenstand	Methode	zeitliche Erfassung
<u>Tierleistung</u> Masttagszunahmen		ab 02/2004 (p)
<u>Tiergesundheit</u> Erkrankungshäufigkeiten Behandlungstherapien postmortale Beurteilung der Lungen		ab 02/2004 (p)
<u>Tierverluste</u>		ab 02/2004 (p)
<u>Luft- und Abluftparameter</u> Temperatur (A/I) rel. Luftfeuchte (A/I) Abluftvolumenstrom CO ₂ -Konzentrationen NH ₃ -Konzentrationen olfaktorische Untersuchungen Staub-Konzentrationen	Messsystem - testo 454 Photoakustischer Multigas Monitor 1309 TO8 - VDI 3881- DIN prEN 13725 Staubmessgerät 1.105 Firma Grimm	06/2003 (p) 06/2003 (p) 06/2003 (p) 06/2003 (p) 08/2003 bis 08/2004 (K) 09/2004 (K)
<u>energierrelevante Parameter</u> erzeugte Biogasmenge eingespeiste Strommenge		08/2003 (p)
<u>betriebswirtschaftliche Systembewertung</u>	Vollkostenrechnung	11/2004

p.... Permanent; K ... Kühlung

Ermittlung der Geruchsemissionen im gekühlten und im nicht gekühlten Stallabteilen

Ein Teilschwerpunkt des Projektes war die Bewertung der Versuchsanlage hinsichtlich der Geruchsemissionen. Nachfolgend werden Messaufgabe, Probenahme, Messverfahren und Messergebnisse kurz genannt. (Wir verweisen auf den Abschlussbereich im März 2005 bzw. auf die Veröffentlichungen unter <http://www.tll.de>).

Messaufgabe:

- Ermittlung der Geruchsemissionen des gekühlten bzw. nicht gekühlten Anlagenteiles. Dabei waren die Geruchsemittenten nach DIN EN 13725 (2003) zu messen und die Abluftparameter zu erfassen.

Geruchsstoffkonzentration:

- Messung mit Olfaktometer ECOMA Typ TO 8 nach DIN EN 13725 (4 Probanden)

Abluftvolumenstrom:

- Ermittlung des Volumenstroms nach VDI 2066

Probenahme (Statische Probennahme):

Pro Stallabteil (gekühltes und Kontrolle) wurden jeweils 2 Proben genommen (sog. „Lungenprinzip“). Die Probenluft wurde in einen Folienbeutel (Polyethylteraphthalat (PET, NalophanR)) gezogen. Das Probenahmegerät bestand aus einem zylindrischen Behälter, in den der Probebeutel eingesetzt wurde. Mit einem akkubetriebenen Gebläse wurde im Behälter ein Unterdruck erzeugt. Dieser Unterdruck bewirkte, dass die Probenluft nur über einem PTFE-Schlauch und ein Edelstahlrohr direkt in den Probenbeutel strömte, ohne Kontakt mit eventuellen kontaminierten Oberflächen in Leitungen, Pumpen oder Gebläse zu haben.

[Vorverdünnung – Kondensatbildung]

Da bei sommerlichen Bedingungen für Abluft aus der Tierhaltung bei keiner Probe eine Taupunktunterschreitung zu erwarten war und auch keine extremen hohen Geruchsstoffkonzentrationen ($> 30\,000\text{ GE/m}^3$) auftraten, war in keinem Fall eine Vorverdünnung der Probe erforderlich.

Die Zeit zwischen Probenahme und Analyse betrug maximal 15 h. Während dieser Zeit wurde eine Lagertemperatur der Proben im Bereich von 20 bis 25 °C gewährleistet.

Messverfahren:

Die Geruchsstoffkonzentration in der Abluft wurden mit einem Olfaktometer der Fa. ECOMA Typ TO8 (Tabelle 3) nach DIN EN 13725 gemessen. Gemessen wurde mit 4 Personen, die vor jeder Messung n-Butanol selektiert wurden. Die Messgruppe lag hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit im Bereich von 20 bis 80 ppb (DIN EN 13725).

Tabelle 3: Daten des Olfaktometers TO8

Olfaktometer:	ECOMA Typ TO8
Abmaße (L*B*H)	650*650*470 mm (aufgebaut)
Gewicht	17 kg
Verdünnungsprinzip	Gasstrahlpumpe
Regelmechanismus der Volumenströme	Kalibrierte Messblende
Überschussauslass für Probeluft	Abluft über Aktivkohlefilter
Anzahl der Ausgänge für Riechproben	4
Anzahl der Probanden gleichzeitig am Gerät	4
Gestaltung des Olfaktometerausganges	Nicht abdichtende Glasmaske
Volumenstrom der Riechprobe	Min. 1,2 m ³ /h je Messplatz
Größte einstellbarer Verdünnung	216
Kleinste einstellbarer Verdünnung	22
Standardabweichung der Einstellung (Vorver.)	< 10%
Befeuchtungseinrichtung für Neutralluft	Nein
Befeuchtungseinrichtung für Riechprobe	Nein
Ansprechzeit	< 1 s
Einstellzeit	< 1 s
Letzte Kalibrierung	Juni 2004

Messergebnisse:

- Die spezifischen Geruchstoffströme der gemessenen Stallbereiche (22 bis 82 GE/ s*GV) lagen im Mittel in dem nach Literaturangaben zu erwartenden Bereich [OLDENBURGER, 1989]

- Die spezifischen Geruchstoffströme (GE/ s*GV) des gekühlten Stallbereiches (22 bis 48 GE/ s*GV) waren im Mittel niedriger als die der nicht gekühlten Stallbereiche (42 bis 82 GE/ s*GV). Der in der Literatur bekannte Zusammenhang zwischen Zulufttemperatur und Geruchsemissionen [$r = 0,84^{**}$; OLDENBURG ET AL., 1999] widerspiegelte sich in den Untersuchungen.

- Auf die Ausweisung des mittleren Emissionsmassenstromes (mittlere Quellenkonzentration) wurde auf Grund des zu geringen Datenbestandes verzichtet.

Fazit:

Die Messergebnisse zeigten, dass bei den gekühlten Stallabteilen u.U. mit einer Geruchsemissionsminderung zu rechnen ist. Eine konkrete Aussage zur Höhe der Emissionsminderung ist auf Grund des Datenmaterials (zu wenig Stichproben) nicht zulässig. Die aus der Literatur bekannte Korrelation zwischen Abteiltemperatur und Geruchsemission (OLDENBURG, 1999; BÜSCHER ET AL.; 1996) konnte auch in diesen Untersuchungen festgestellt werden.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass es nicht Ziel des Projektes war, die Absorptionskältetechnik als Methode zur Emissionsreduzierung (Geruch, NH_3) zu untersuchen. Vielmehr sind diese Ergebnisse als positiver Nebeneffekt dieser Technologie zu werten.

Nachfolgend sollen weitere *Ergebnisse* des Projektes in Kurzform dargestellt werden:

- Im Zeitraum Ende Mai bis Anfang September wurden 34 000 kWh Kälte im Schweinestall eingesetzt.

Die ständigen Temperaturmessungen mit einem Fühler im Außenbereich und in einem Mastteil ermöglichen eine Aussage zur Einsatzhäufigkeit der Kühlung und ihrer Wirksamkeit bei unterschiedlich hohen Außentemperaturen.

Die Kühlung wurde beispielsweise vom 28. Mai bis 3. September 2003 an 70 Tagen mit Außentemperaturen von mehr als 24°C genutzt. Das entsprach einer durchschnittlichen Kältebereitstellung von 486 kWh je Tag bei unterschiedlichen Laufzeiten des Kälteabsorbers. Durchschnittlich wurden 10,5 Stunden der Kühlung (10:00 bis 20:30 Uhr) benötigt. Hier zeigte sich eindeutig, dass mit der herkömmli-

chen Lüftungssteuerung der Schweinemastabteile die Kühlung nicht effektiv zu nutzen ist. Bei den extremen Temperaturen im Sommer 2003 reichte eine Kaltwasseranforderung für die Wärmeaustauscher im Nachgang zur Außen- und Innentemperatur nicht aus, um bei Außentemperaturen über 35°C nach 14:00 Uhr das Abteil noch bei 28°C zu halten. Als positives Fazit kann geltend gemacht werden, dass die projizierten 6°K Temperaturdifferenz in 90% der Tage über 24°C realisiert werden konnten (Bsp. Abbildung 7).

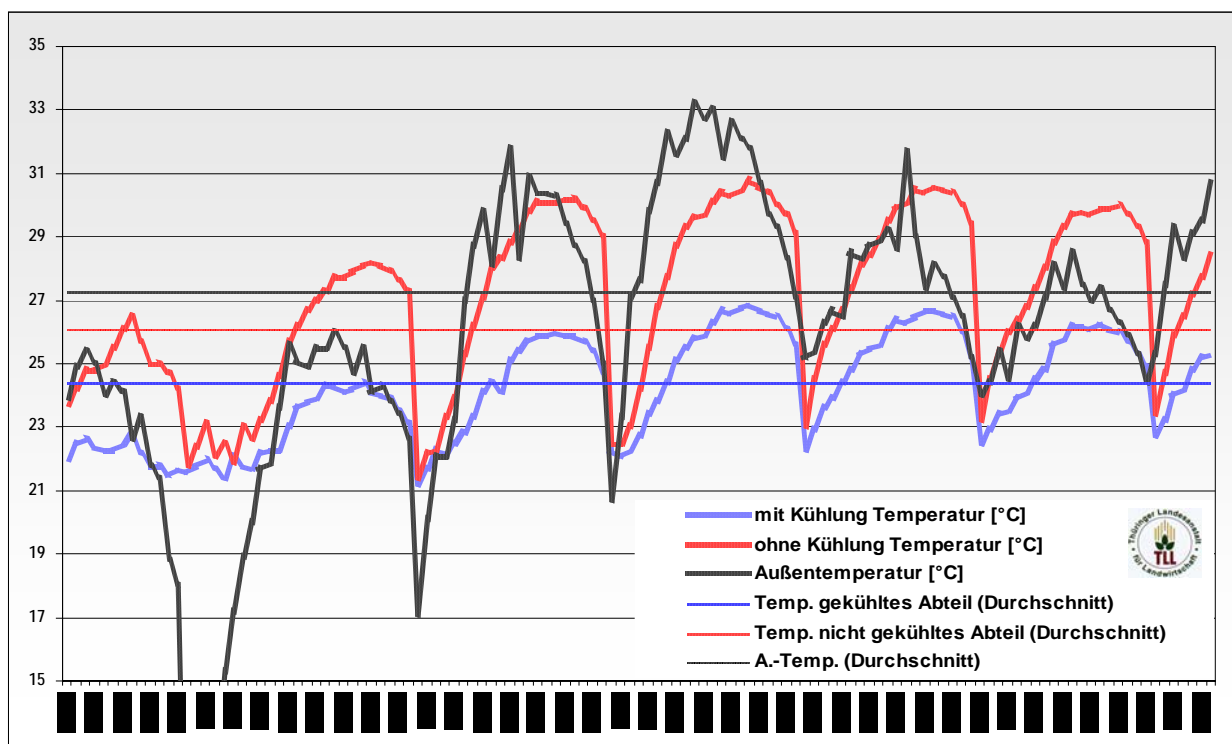


Abbildung 7: Vergleich der Innenraumtemperatur im gekühlten (Versuch) und im nicht gekühlten (Kontrolle) Abteil (Auszug)

Bei extremer Geschwindigkeit der Erwärmung und anhaltend hohen Außentemperaturen ab 10⁰⁰ Uhr war die Kältekapazität ohne Vorgriffsteuerung nicht ausreichend.

Für die effektive Nutzung der Kälte aus der Biogaswärmeenergie ist die Einbeziehung einer intelligenten Steuerung und eine weitere Erprobung notwendig, die die Erfassung der tierischen Parameter im Vergleich einschließt. Während der höchsten Kühlanforderung darf es nicht zum Stillstand des BHKW z.B. durch Gasmangel kommen.

- Insgesamt ist festzustellen, dass der Kältespeicher nicht ausreichte, um die extremen Temperaturen des Jahres 2003/ 2004 abzuf puffern. Im Zeitraum von nur

drei Stunden erhöhte sich die Temperatur im Kältespeicher um 5 K (von 8°C auf 13°C), so dass nicht die volle Kälteleistung genutzt werden konnte. Durch die Permanentmessung (Temperatur, Luftfeuchte) konnten Ablaufverhältnisse sichtbar gemacht werden.

- Ein weiteres Fazit nach einer Sommerlaufzeit ist aber auch, dass bei Nutzung der Absorberanlage eine optimale Motorkühlung erreicht wurde, ohne dass der Notkühler einschaltete.
- Die sinnvolle Wärmenutzung durch Liegeflächen- und Raumheizung nach Umstellungen wurde über alle Jahreszeiten genutzt.
- Erste Messungen zur Ammoniakemissionsrate in den Voruntersuchungen ergaben einen um 18 % geringeren NH₃ – Ausstoß im gekühlten Stallabteil (Tabelle 4)

Tabelle 4: Ammoniakemission in gekühlten und nichtgekühlten Schweinemastabteil

Voruntersuchungen Sep. 2003	Einheit	gekühltes Abteil ($\Delta t_g = 26,2 \text{ °C}$)	nicht gekühltes Abteil ($\Delta t_{ng} = 26,2 \text{ °C}$)
NH ₃ Emissionsrate	g/h und Abteil	60,4	73,5
NH ₃ Emissionsrate	kg/ TP und 70 Tage ¹	0,35	0,43

¹... kalkulatorischer Wert (Anzahl der Tage, in denen 2003 gekühlt wurde, d.h. Abteiltemperatur >24°C)

Die ermittelten Reduktionspotentiale entsprechen in ihrer Größenordnung den Literaturangaben von NI (1998) sowie SNELL UND VAN DEN WEGHE (1999). Weitere Ergebnisse zur Ammoniakemission bzw. zur Korrelation zwischen Lüftungsrate und Ammoniakemission (CUMBY ET AL., 1995; HARTUNG UND BÜSCHER, 1995; BÜSCHER 1996) werden die vorgenommenen Untersuchungen 2004 ergeben.