

**SYNIECO** 

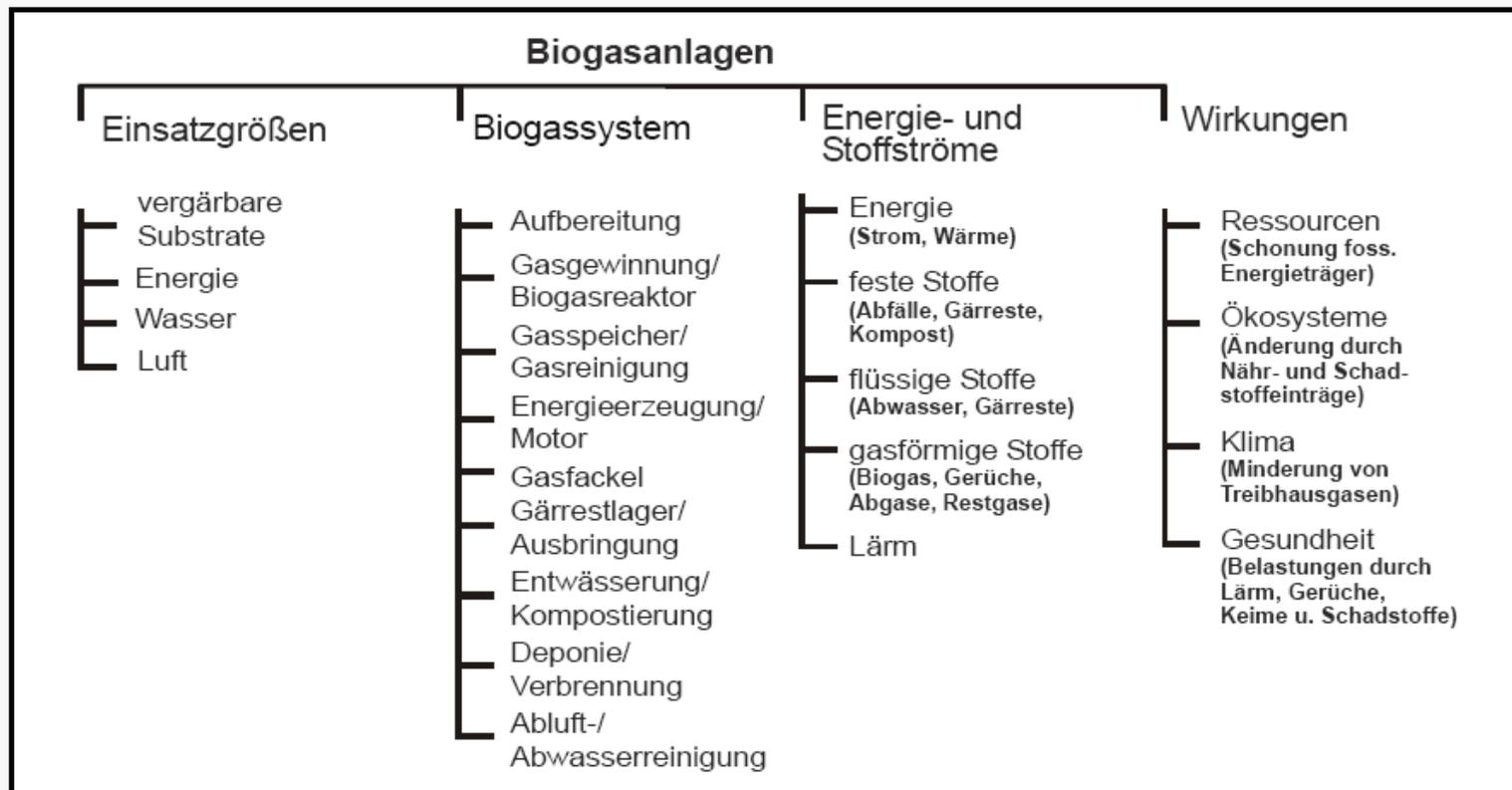
# Biogas-Betreiberschulung: Bewertung der Umweltauswirkungen von Biogasanlagen

- 1. Einführung**
- 2. Standort**
- 3. Substrate**
- 4. Beeinflussung der Landschaft**
- 5. Transport**
- 6. Atmosphärische Schadstoffe**
- 7. Lärmemissionen**
- 8. Geruchsemissionen**
- 9. Gärrest**
- 10. Abwasser**
- 11. Energiebilanz**

Die Errichtung und der Betrieb einer Biogasanlage stellt einen Beitrag zur Schonung der fossilen Ressourcen und somit der Reduzierung von Treibhausgasen dar.

Dabei sollte aber nicht übersehen werden, dass der Betrieb einer Biogasanlage sowohl negative als auch positive Auswirkungen auf die Umwelt aufweist.

Wichtig ist die Betrachtung des gesamten Konzepts „Biogasanlage“ :



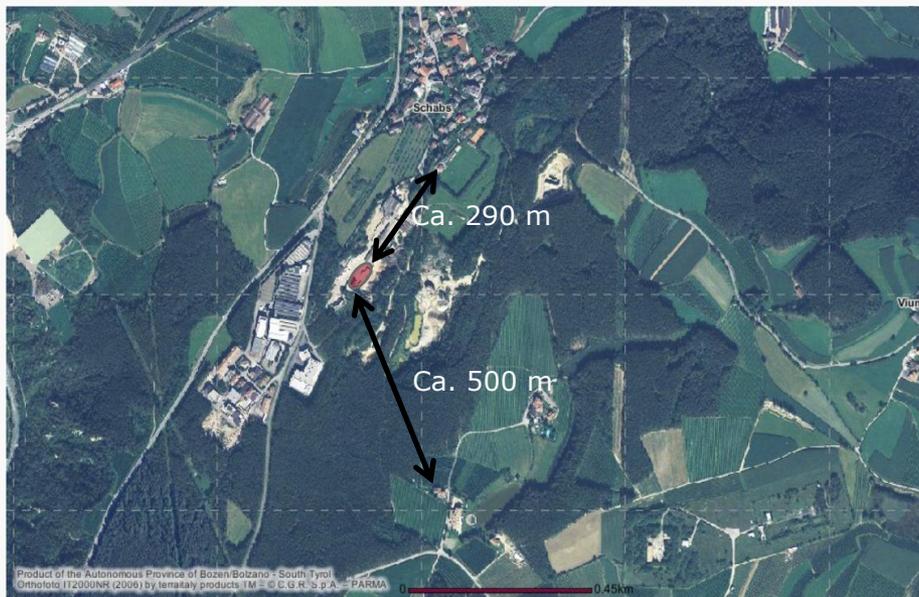
Die Umweltauswirkungen von Biogasanlagen hängen im Besonderen vom Standort und den verwendeten Substraten ab.

Aus dem Betrieb einer Biogasanlage ergeben sich folgende mögliche negative Umweltauswirkungen:

- Erhöhung des Verkehrsaufkommen
- Emissionen von Luftschadstoffen
- Lärmemissionen
- Geruchsemissionen
- Produktion von Abfällen
- Konkurrenz zum Lebensmittelsektor

Der Standort stellt einen der wichtigsten Faktoren bezüglich der Umweltauswirkungen der Biogasanlage dar:

- Geruchs- und Lärmbelästigung reduzieren sich mit Entfernung zu bewohnten Gebieten
- Wärmenutzung ist in den meisten Fällen nur in der Nähe bewohnter Gebiete möglich
- Schadstoffeintrag ist besonders in benachbarte Biotope als nachteilhaft einzustufen
- Das Transportaufkommen reduziert sich bei geeigneter Lage des Standorts, Staugefahr muss berücksichtigt werden



## 2. Standort

### Faktoren

<b>Relevanter Standortfaktor</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
<b>Entfernung zu bewohnten Zentren</b>	Mindestabstand zu bewohnten Gebieten: Geruchsprobleme, Lärmemissionen
<b>Einspeisemöglichkeit der produzierten el. Energie</b>	möglichst in der Nähe von Mittelspannungsleitungen
<b>Einspeisemöglichkeit der produzierten Abwärme</b>	sollte bereits bei der Standortwahl auf mögliche Wärmeabnehmer Rücksicht genommen werden

## 2. Standort Faktoren

<b>Relevanter Standortfaktor</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
<b>Landschaftsschutz/ Einsehbarkeit</b>	Die Errichtung eines Gebäudes auf landwirtschaftlicher Grün stellt immer einen Eingriff in das Landschaftsbild dar. Dieser hängt in hohem Maße von der Einsichtbarkeit des Standortes und der Charakteristik desselben ab
<b>Geologie / Bodenbeschaffenheit</b>	Biogasanlagen müssen auf stabilen Untergrund errichtet werden, da die gefüllten Fermenter großen Flächendruck entwickeln, zusätzlich müssen die Kriterien des Bodenschutzes berücksichtigt werden
<b>Logistik</b>	Für den Betrieb einer Biogasanlage muss diese regelmäßig mit frischem Inputmaterial versorgt werden. Um das Transportaufkommen so gering wie möglich zu halten, sollte die Biogasanlage so zentral wie möglich zwischen den verschiedenen Quellen errichtet werden. Gute Erreichbarkeit

# 3. Substrate

Die für die Biogasgewinnung eingesetzten Substrate lassen sich grob in folgende Gruppen unterteilen:



Wirtschaftsdünger: Gülle und Festmist



Rohstoffe aus dem Pflanzenbau



Biomüll



Abfälle aus Gewerbe und Industrie

Je nach verwendeten Substraten stellen sich spezifische umweltbezogene Fragen:

- Konkurrenz mit Produktion von Lebens- und Futtermittel
- Hygienische Probleme
- Gefährliche Substanzen
- Düngung
- Förderung der Güllewirtschaft mit spezifischen ökologischen Nachteilen gegenüber der Festmistwirtschaft
- Lagerung der Substrate - Geruchsbelästigung

Einfluss auf das **Landschaftsbild**, abhängig von:

- Standort: Einsichtbarkeit (Höhenunterschiede, Pflanzen- und Gebäudebestand)
- Größe der Biogasanlage
- Ausführung der Biogasanlage

**Beeinträchtigung des Bodens:**

- Dauerhafte Verbauung des Standortes
- Kompaktierung des Bodens
- Mögliche Beeinflussung des Bodenwassersystems

Einfluss auf **wichtige landschaftlich schützenswerten Gebiete:**

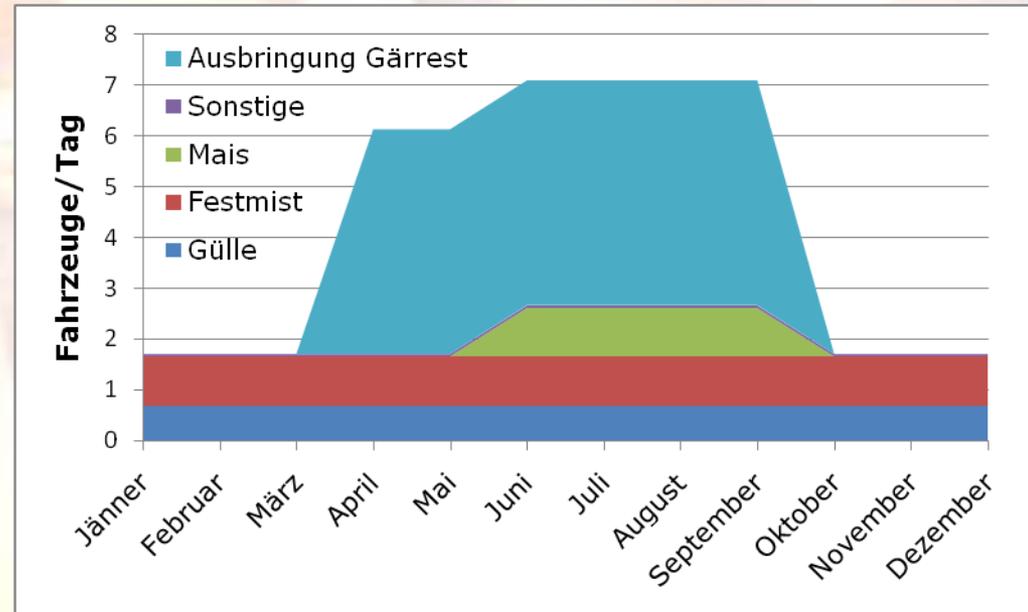
- Wichtig Erhebung schützenswerte Gebiete und Entfernung dazu
- Wichtig Vorbelastung dieser Gebiete (v.a. Emissionen)
- Wichtig klimatische Gegebenheiten (v.a. Wind)

Wichtig verwendete Substrate:

- Ort der Entstehung (Entfernung zur Anlage)
- Saisonale Verfügbarkeit
- Möglichkeit der Zwischenlagerung
- Geeignete Transportmittel – Nutzvolumen
- Momentane Nutzung

Ausbringung Gärrest

- Ausbringungsverfahren
- Nutzvolumen pro Transport
- Entfernung der Felder



Wichtig saisonale Schwankungen

- Atmosphärische Schadstoffe können während der Anlieferung, Lagerung und Verfütterung des Inputmaterials; bei der Verbrennung des Biogases und im Endlager entstehen
- Die Ammoniak und Schwefelwasserstoff -Emissionen hängen in erster Linie vom N- und S-Gehalt der Substrate ab – Entstehen während der Lagerung
- Emissionen aus der Verbrennung des Biogases sind gesetzlich geregelt (abhängig von der Anlagengröße)
- Zusätzliche Emissionen entstehen beim Transport der Biomasse

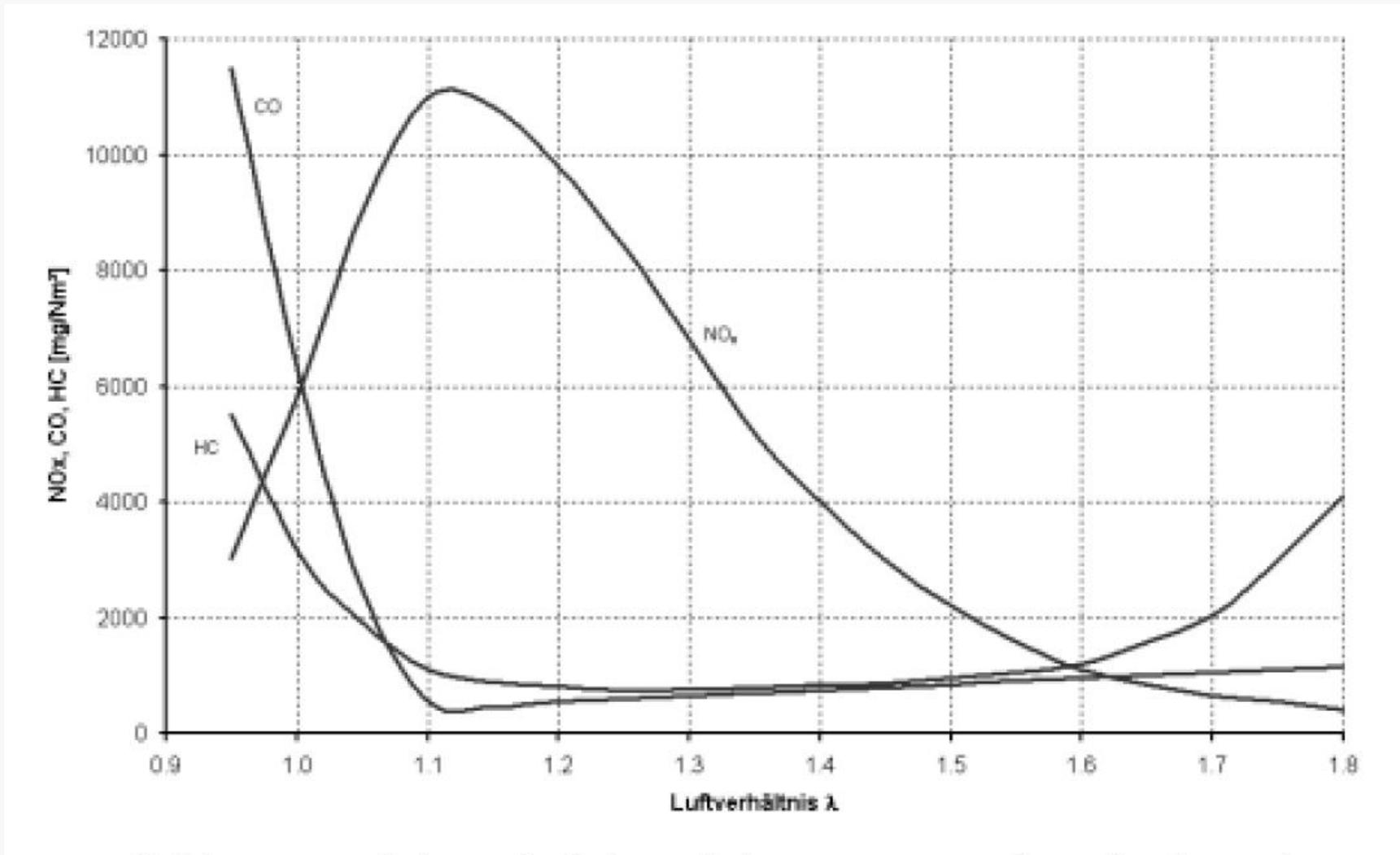
Im Vergleich mit der Verwendung fossiler Brennstoffe fallen vor allem die deutlich höheren NO<sub>x</sub>-Konzentrationen ins Gewicht.

Es existieren verschiedene Techniken zur Minimierung des Schadstoffausstoßes:

- Fachgerechte Lagerung der Substrate und des Gärrestes
- Eventuelle Überdachung des Endlagers
- Regelung des Biogas-Luft-Gemisches zur Optimierung der Brennstoffausnutzung  
Reduzierung der CO- Emissionen
- Entschwefelung des Biogases – unentbehrlich, da es auch die Lebensdauer des Motors deutlich erhöht
- CO-Oxidationskatalysator – sehr empfindlich gegen Schwefeldioxid
- SCR oder SNCR (selectiv catalytic or non catalytic reaction) – nur bei großen Anlagen
- Partikelabscheidung – bei Biogas im Normalfall nicht notwendig

# 6. Atmosphärische Schadstoffe

## Emissionen für Erdgas



Bei der Verbrennung von Biogas entstehen vor allem folgende Schadstoffe:

**Stickoxide:** entstehen bei Luftüberschuss durch Oxidation von Stickstoff bei sehr hohen Temperaturen. NO<sub>2</sub> ist ein Atem- und Reizgift. NO<sub>x</sub> führen zur Versauerung des Bodens und Ozonbildung. NO<sub>x</sub>-Emissionen sind bei Biogasmotoren höher als bei traditioneller Energieerzeugung

**Kohlenmonoxid:** entsteht bei Verbrennung unter Luftmangel. Ist ein Atemgift. CO und NO<sub>x</sub>-Emissionen verhalten sich meist umgekehrt proportional. Liegt im Bereich klassischer Motoren.

**Schwefeldioxid:** Trägt zur Bildung von sauren Regen und Smog bei. Biogas wird in der Regel vor der Nutzung entschwefelt – geringe SO<sub>2</sub>-Konzentrationen

**Partikel:** entstehen aus unverbrannten Treibstoff und Schmieröl; im Regelfall organische Partikel mit angelagerten Kohlenwasserstoffen; sind lungengängig – direktes Einbringen von Kohlenwasserstoffen in menschliches und tierisches Gewebe. Meist geringe Konzentrationen, abhängig vom Wartungszustand des Motors

**Formaldehyd:** Reizstoff für Nase und Augen, niedrige Konzentrationen

**Kohlenwasserstoffe:** entstehen durch unvollständige Verbrennung. Klimaschädlich. Höhere Emissionen nur bei alten verschleißten Motoren.

# 6. Atmosphärische Schadstoffe

## Minderungsmaßnahmen

Es existieren verschiedene Techniken zur Minimierung des Schadstoffausstoßes aus Motoren:

- Regelung des Biogas-Luft-Gemisches zur Optimierung der Brennstoffausnutzung  
Reduzierung der CO- Emissionen
- Entschwefelung des Biogases – unentbehrlich, da es auch die Lebensdauer des Motors deutlich erhöht
- CO-Katalysator – meist vorgesehen
- SCR oder SNCR (selectiv catalytic or non catalytic reaction) – nur bei großen Anlagen
- Partikelabscheidung – bei Biogas im Normalfall nicht notwendig



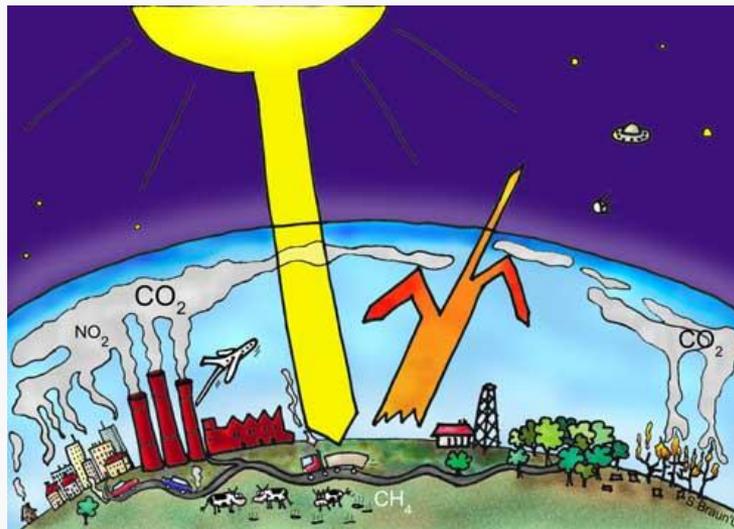
# 6. Atmosphärische Schadstoffe

## Eingesparte Emissionen

Der Betrieb von Biogasanlagen zur Produktion von thermischer und elektrischer Energie verringert vor allem die Emission von klimarelevanten Schadstoffen .

Von besonderer Bedeutung sind dabei

- CO<sub>2</sub> durch Einsparung fossiler Energieträger
- Methan (23 X klimaschädlicher als CO<sub>2</sub>) durch Verwertung des bei der Lagerung freigesetzten Gases
- NO<sub>2</sub> (Lachgas) durch erhöhte Düngewirkung des Gärrestes und möglicher Optimierung der Düngung



Im Vergleich zur Gülle:

Verringerung der Emissionen von Methan, Keimen und Lachgas

Mögliche Erhöhung der Ammoniakemissionen durch

- Erhöhten Anteil an mineralischem Stickstoff in Form von Ammonium
- Erhöhung des pH-Werts
- Erhöhung der Temperatur
- Erhöhung der Stickstofffracht durch Zugabe von Co-substraten

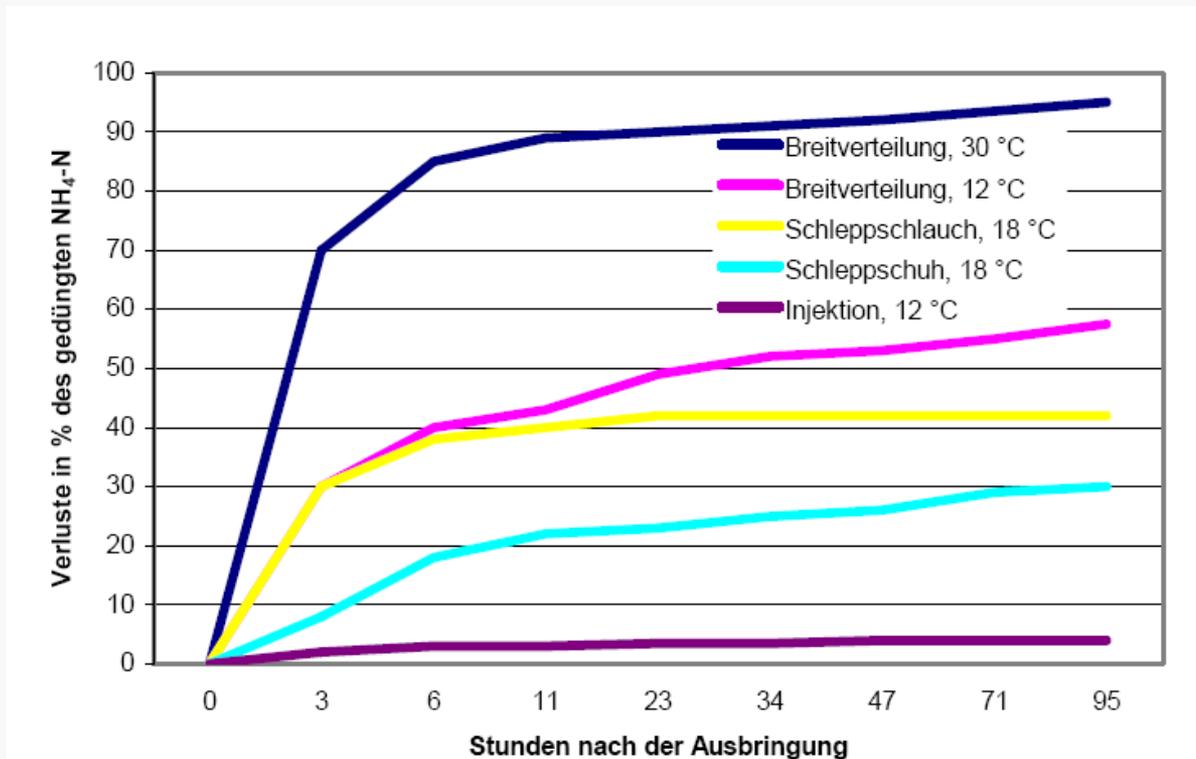
# 6. Atmosphärische Schadstoffe

## Gärrest

Emissionen des Gärrestes können verringert werden durch:

Abdecken des Gärrestlagers und

Optimiertes Ausbringverfahren



Wichtig Entfernung zu störanfälligen Gebieten (z.B. Wohnungen, aber auch Nistplätze)

Lärmemissionen ergeben sich aus:

- Transport und
- Anlagenbetrieb

Bei einer Biogasanlage ergeben sich die Schallemissionen vor allem vom Motor, dieser ist im Normalfall eingehaust (Container oder geschlossener Motorenraum):

Schallübertragung nach außen über:

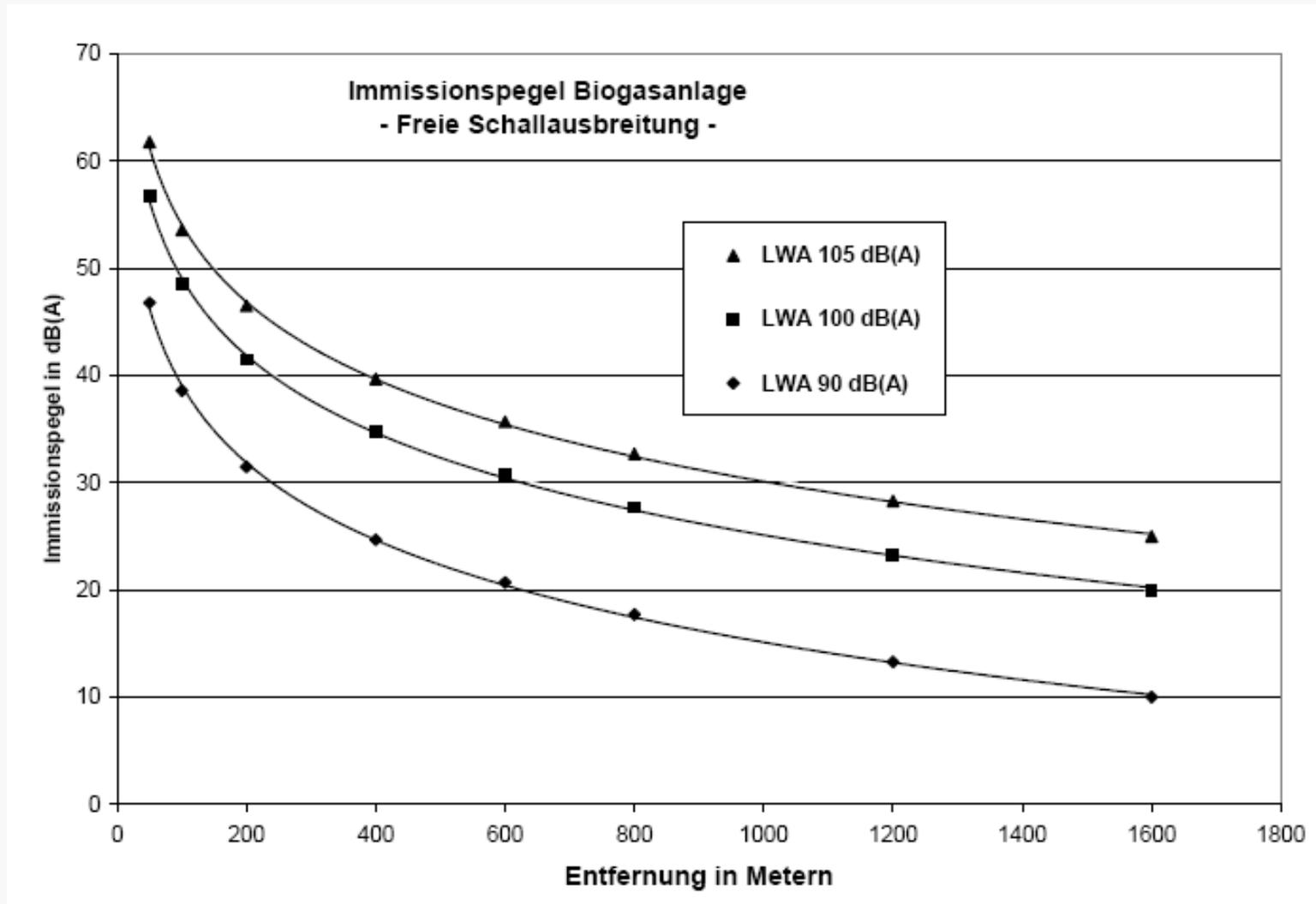
- Kamin
- Abgasleitung
- Lüftungsöffnung
- Undichte Stellen

Relevante Lärmschutzmaßnahmen:

- Schalldämpfer in der Abgasleitung zwischen Motor und Kamin,
- Schalldämpfer in den Lüftungsöffnungen des Containers oder Gebäudes
- Schallisolierung der Abgasleitungen
- geräuscharme Luftkühler mit abgeschirmter Aufstellung
- Maßnahmen zur Vermeidung von Körperschallübertragung am Kamin, Kühler, Biogasmotor, usw. (schwingungsentkoppelte Aufstellung des Biogasmotors)
- Motoraufstellung in einem allseits geschlossenen Container mit hohem Schalldämmmaß ( $R'w \geq 40$  dB) bzw. im Massivgebäude

Relevant kann zudem die Lärmemission der Fahrzeuge auf dem Betriebsgelände sein (Traktoren, Radlader, usw.) – Daher besonders in Nähe bewohnter Gebiete Fahrbetrieb auf bestimmte Zeiten beschränken





- Geruch entsteht bei der Freisetzung niedermolekularer, flüchtiger organischer Verbindungen
- Gerüche sind zwar nicht direkt gesundheits-schädlicher Natur, beeinträchtigen aber das Wohlbefinden der Betroffenen.
- Die von einer Vergärungsanlage ausgehenden Geruchsemissionen beschränken sich auf die Annahme- und Aufbereitungsbereiche.
- Art und Umfang der Geruchsemission hängen entscheidend von Grundkonzept, Bauweise und Betriebsführung der Biogasanlage ab.
- Die Beherrschung von Geruchsemissionen bei der Biogastechnologie kann als Stand der Technik angesehen werden.
- Geruch ist keine objektive Messgröße, sondern eine vom Menschen wahrgenommene Maßeinheit. Aus diesem Grund sind bei der Betrachtung von Gerüchen besonders die Entfernung zu den nächsten bewohnten Häusern, die geographischen Gegebenheiten und die Meteorologie von Bedeutung.

**Organische Säuren:** stellen die wichtigsten Geruchsstoffe dar, werden während der Vergärung weitgehend abgebaut  
Von Bedeutung sind insbesondere:

**Milchsäure:** riecht aromatisch, wird durch Milchsäurebakterien gebildet. Milchsäurebakterien stellen ihre Arbeit ab pH-Werten von ca. 4 ein.

**Essigsäure:** ist von stechendem Geruch. Sie durchdringt Zellwände von Mikroorganismen und denaturiert die Zellproteine.

**Buttersäure:** riecht stark nach Erbrochenem und reizt Augen und Atemwege.

**Ammoniak:** abhängig vom Stickstoffgehalt der Einsatzstoffe, von der Temperatur, und pH-Wert, durch die Vergärung steigt das Emissionspotential

**Schwefelwasserstoff:** stellt den Geruchsstoff im Biogas dar. Konzentration abhängig vom verwendeten Substrat, wichtig wenn tierische Nebenprodukte verwertet werden. Ist schon in geringen Konzentrationen toxisch (Gefährliche Konzentrationen > 100 ppm können nicht mehr wahrgenommen werden).

# 8. Geruchsemissionen

## Geographische Gegebenheiten

Da Gerüche subjektive Umweltbelastungen darstellen sind nicht die Emissionen sondern die Immission von Bedeutung. Diese wird beeinflusst von:

- Konzentration der Emission
- Entfernung
- Eigenschaften der an die Emissionsstelle angrenzenden Fläche (Wald kann als Geruchsfilter dienen)
- Bauliche Eigenschaften, Geruchsstoffe in mehr als 2 Meter Höhe können nicht als geruchsrelevant eingestuft werden
- Andere benachbarte Geruchsquellen, Gerüche können sich überdecken oder verstärken
- Meteorologische Gegebenheiten (z.B. Windrichtung und -stärke)

# 8. Geruchsemissionen

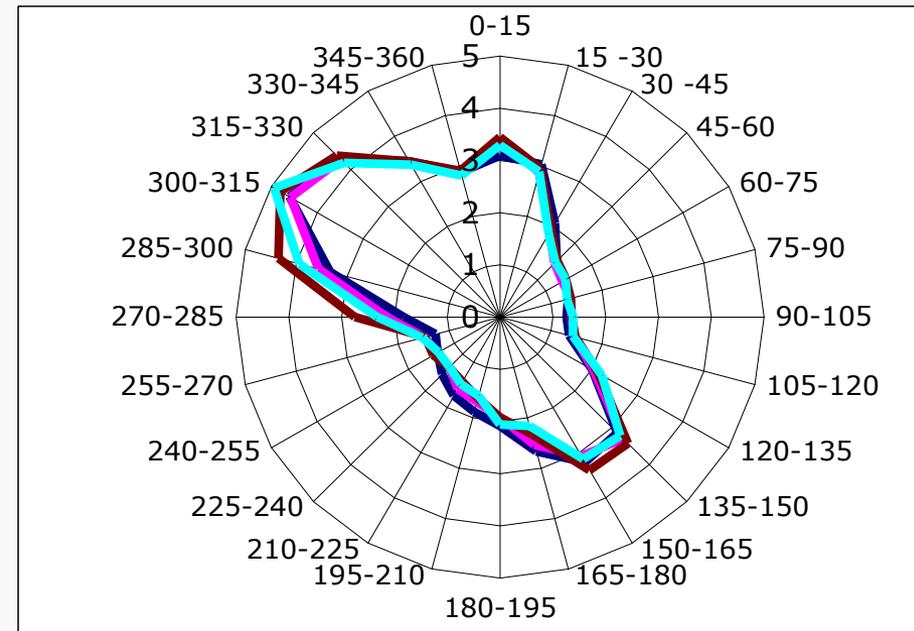
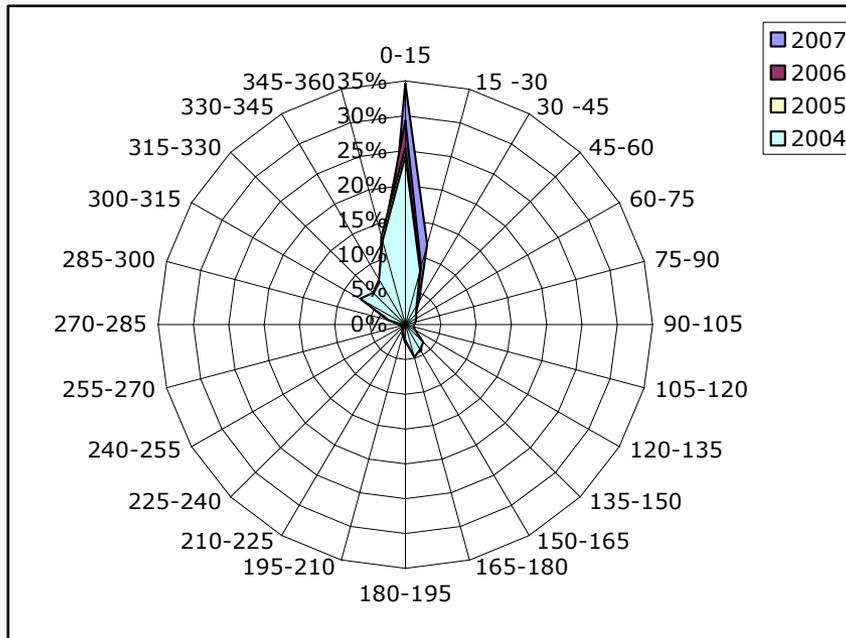
## Windrichtung

Unter Windrichtung versteht man die Himmelsrichtung aus der der Wind kommt.

Auswertung der Messdaten aus der nächstgelegenen Wetterstation

Wichtig ist Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Für eine Auswertung müssen Daten von mehreren Jahren ausgewertet werden



# 8. Geruchsemissionen

## Mögliche Minderungsmaßnahmen

**Silierung:** Durch fachgerechte Silierung können Geruchsfreisetzungen bei bestimmten Substraten deutlich verringert werden (z.B. Mais)

Bei Silagen aus Gräsern und stärkehaltigen Feldfrüchten, wie z.B. Mais entstehen bei der Silierung vor allem organische Säuren. Diese sind es, die bei einer fehlgeschlagenen Silierung zu Geruchsproblemen führen können.

**Gestaltung der Lager:** Für besonders geruchsintensive Substrate kann ein geschlossenes Lager vorgesehen werden (z.B. Güllegruben), dabei muss aber auf eine fachgerechte Lüftung geachtet werden

**Regelmäßige Anlieferung:** Durch eine regelmäßige Anlieferung kann die Lagerzeit und damit das Emmissionspotential von Gerüchen deutlich verringert werden.



### **Gasspeicher und Fermenter:**

Bei Undichtigkeiten kann Biogas austreten, dieses ist auf Grund des Schwefelgehaltes geruchsintensiv, zusätzlich stellt das freigesetzte Methan ein starkes „Klimagift“ dar

Bei Überdruck muss Biogas abgelassen werden, sollte auf jeden Fall abgefackelt werden!!

Bei eventuell nötigen Reinigung der Fermenter soll auf die klimatischen Verhältnisse Rücksicht genommen und mögliche betroffene Nachbarn rechtzeitig informiert werden.

### **Gärrestlager:**

Die Retentionszeit sollte so ausgelegt werden, dass der Gärrest möglich ausgereift ist (minimaler Gehalt organischer Säuren) Um ein Ausgasen von Ammoniak zu verhindern kann an eine Abdeckung des Lagers gedacht werden.

Der Einsatz unbedenklicher Substrate ermöglicht den Einsatz des Gärrestes als Dünger

Der gemeinsame Betrieb einer Biogasanlage kann eine Hilfestellung zur Lösung der N-Problemik darstellen, durch:

**Hygienisierung** des Wirtschaftsdüngers: Inaktivierung von Pathogenen (z.B. Wurmeier, Pilze) und Inaktivierung von Unkrautsamen, z.B. Ampfer  
*Geringeres Risiko bei Annahme „fremden“ Wirtschaftsdüngers*

**Homogenisierung:** Input von verschiedenen Wirtschaftsdüngern, nach Vergärung einheitlicher Dünger, nahezu konstante Nährstoffkonzentrationen, einheitlicher TS-Gehalt

Organisation der **überbetrieblichen Ausbringung** – Full Service Konzept  
*Überbetrieblichen Düngeplan möglich*

**Mineralisierung** der im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe – Erhöhung der Mineraldüngeräquivalenz; durch Reduzierung der organischen Säuren wird Einsatz bei der Kopfdüngung ermöglicht  
*Verzicht auf Mineraldünger fällt leichter*

**ABER: Möglicher Eintrag von Nährstoffen durch die Verwertung diverser Co-Substrate und hygienische Bedenken**

# 9. Gärrest

## Nährstoffeintragung durch Co-Substrate

Art	Gehalt an Nährstoffen (kg/t FM)		
	Stickstoff (N)	Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Kali (K <sub>2</sub> O)
<u>Landwirtschaftliche Einsatzsubstrate</u>			
Milchviehgülle	3,8	1,5	5,5
Mastschweinegülle	5,8	2,9	3,0
Hühnergülle	5,9	2,8	3,0
Rindermist	5,0	4,0	6,0
Schweinemist	8,0	6,0	7,0
Schlempe	2,8	1,1	4,8
Rübenblatt	4,1	0,9	6,7
<u>Reststoffe aus der Industrie</u>			
Obsttrester	2,3	0,5	1,8
Biertreber	4,8	1,6	1,7
Filtrationskieselgur	3,0	0,1	0,01
Gemüseabfälle	6,0	1,0	1,5
Rhizinusschrot	57,0	24,0	14,0
Vinasse	20,0	1,5	45,0
Flotatschlamm	8,0	2,0	0,2
Fettabscheiderrückstand	10,0	3,0	0,5
Panseninhalt	5,0	3,0	4,0
<u>Kommunale und gewerbliche Reststoffe</u>			
Bioabfälle (Haushalt)	10,0	5,0	7,0
Grünschnitt (Häcksel)	3,5	1,7	2,7
Speisereste	3,0	0,5	0,3

Durch die Verwendung von Substraten (z.B. Biomüll) mögliche Eintragung von:

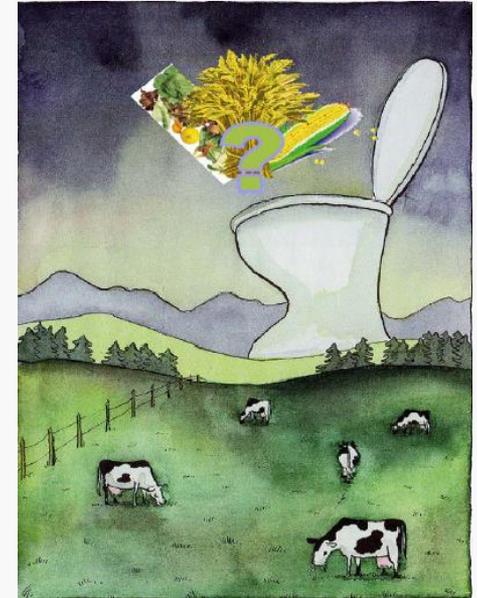
Kupfer- und Zink aus Wirtschaftsdünger von Schweinen und Hühnern

Chrom- Kupfer-, Nickel-, Zink- und Blei von Fetten und Fettabscheider.

Organische Schadstoffe aus Pflanzen- Insekten- und Parasitenschutzmitteln, Medikamentenreste, Flotatfette (z.B. PAK, AOX, Tenside und Antibiotika)

Bei der Vergärung wird Trockenmasse abgebaut, dabei konzentrieren sich nicht abbaubare Substanzen (z.B. Schwermetalle), auf.

Toxizität von verschiedenen Faktoren abhängig: pH, Bodenart, organische Substanz, Eisen- und Manganoxide, mikrobielle Aktivität,... beeinflussen die Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen



Für die Verwertung von tierischen Nebenprodukten ist EU-weit die Verordnung 1774/2002 zu berücksichtigen.

Wichtig ist die Sicherung einer Pasteurisierung während des Prozesses und die Vermeidung einer Kreuzkontamination

Durch die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen kann ein human-und tierhygienisches Risiko ausgeschlossen werden.

Phyto- und Umwelthygiene sind wesentlich schwächer geregelt.

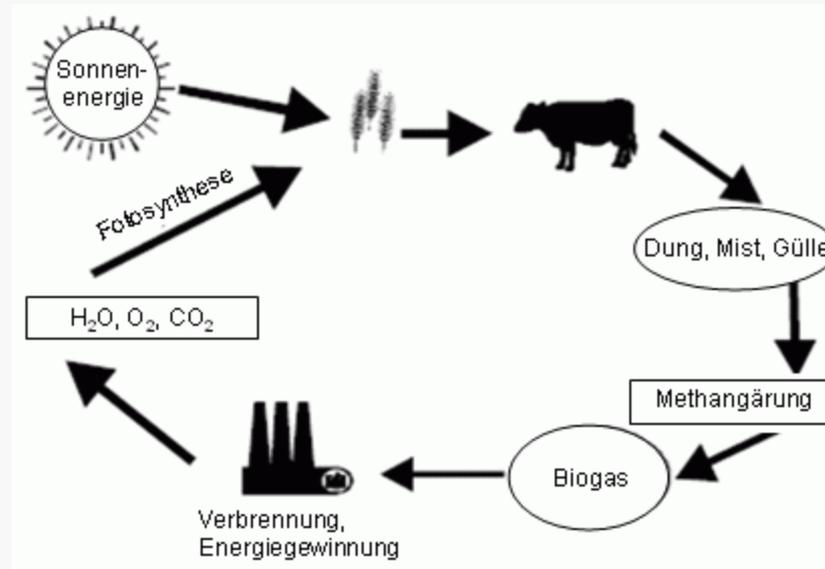
Diverse Untersuchungen zeigten allerdings die Eignung der Vergärung zur Pasteurisierung verschiedener Substrate.

Insgesamt kann das hygienische Risiko als gering eingestuft werden.

Neben den flüssigen Anteil des Gärrestes fallen an der Biogasanlage folgende Abwässer an:

- Perkolate aus der Substratlagerung – können direkt in die Biogasanlage eingeleitet werden, sollten ansonsten gelagert und entsorgt werden
- Perkolate aus der Lagerung der festen Gärreste – können genau wie diese für die Düngung verwertet werden
- Regenwasser: kann Verschmutzungen in die Umgebung tragen, sollte deshalb aufgefangen und gelagert werden, kann als Prozesswasser verwertet werden.
- Ziviles Abwasser – muss in die Kanalisation eingeleitet werden

Die Verwertung von Biogas zur Produktion von Strom und Wärme kann als CO<sub>2</sub> neutral und Ressourcen sparend eingestuft werden:

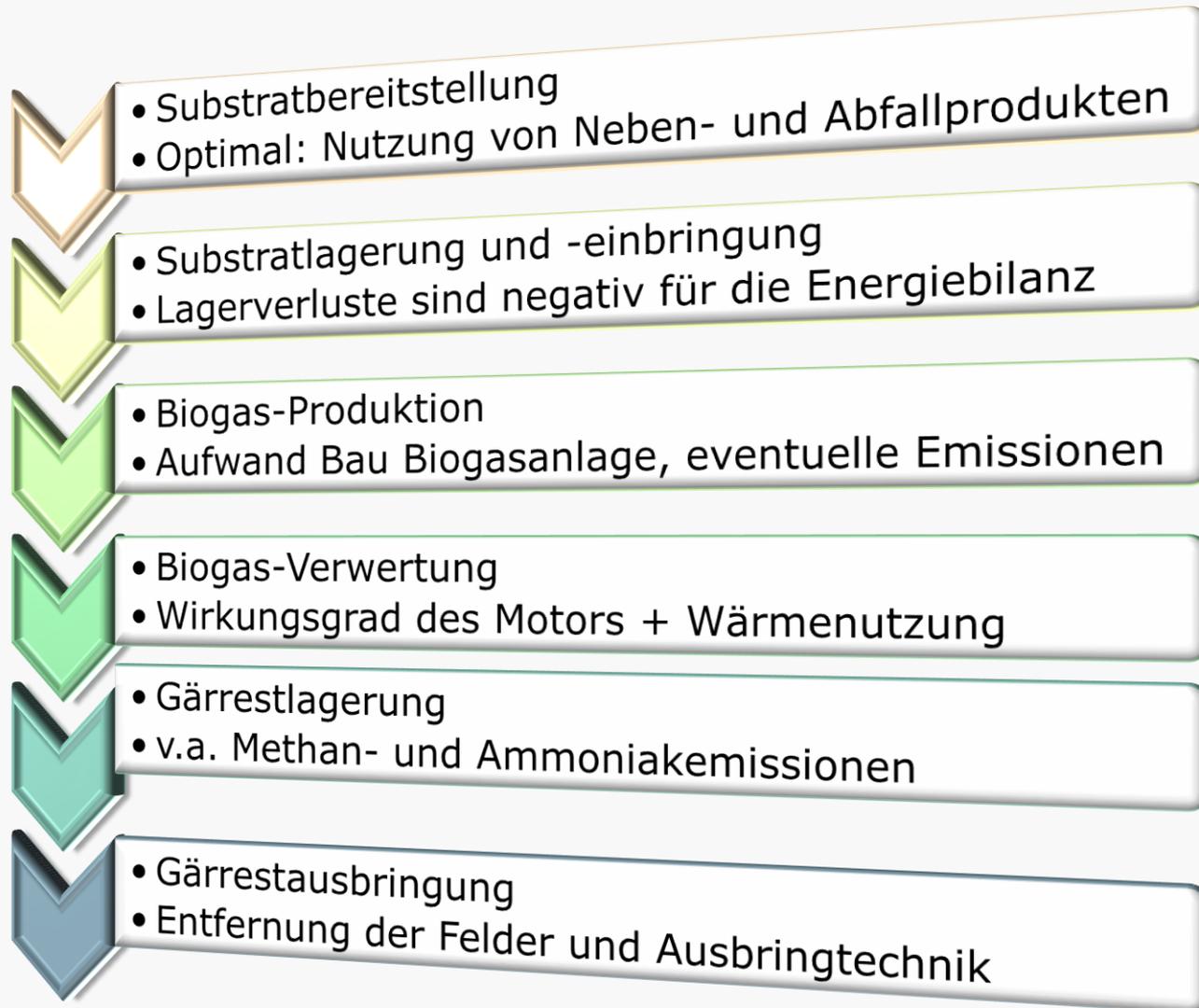


Grafik: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Wichtig ist aber eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus:  
**Von der Wiege bis zur Bahre!**

# 11. Energiebilanz

## Lebenszyklus



Ökobilanzen von Biogasanlagen variieren je nach Anlage

Wuppertal-Institut wies auch positive CO<sub>2</sub>-Bilanzen für Biogasanlagen nach!

Eingesparte CO<sub>2</sub>-emissionen betragen:

495 g CO<sub>2</sub>/kWh Strom und

220 g CO<sub>2</sub>/kWh Wärme (Gasbrenner)

Wichtigste Faktoren, die die Ökobilanz einer Biogasanlage negativ beeinflussen können sind:

- Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen
- Energieaufwand zum betrieb der Biogasanlage
- Keine Nutzung der Abwärme

Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Mais) kann negative Umweltwirkungen mit sich bringen:

- Hoher Düngemittelleinsatz - Auswirkungen auf Boden, Wasser, etc.
- Hoher Wasserbedarf
- Vermehrung der landwirtschaftlichen Arbeitsgänge - Störungen der ackerbrütenden Vogelarten
- Gefahr für Monokulturen,
- Erhöhung des Flächenbedarfs

In bestimmten Ausmaß kann durch die Verwertung von Ganzpflanzen auch eine Konkurrenzsituation zum Futtermittelmarkt geschaffen werden.

Lösung: Vermehrte Nutzung von Rest- und Nebenprodukten

SYNECO 

**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Mag. Roland Plank**

SYNECO GmbH

Marie Curie Strasse 17 – 39100 Bozen

Tel. 0471 / 301731

Fax 0471 / 326000

[Roland.plank@syneco-consulting.it](mailto:Roland.plank@syneco-consulting.it)

[www.syneco-consulting.it](http://www.syneco-consulting.it)

Schwarz  Rosanelli  
Consulting & Management Group