

Schadstoffe und Hygiene von Biogasresten

Prof. Dr. Ludwig E. Hölzle
Thorben Schilling
Institut für Nutztierwissenschaften
Fachgebiet Infektions- und Umwelthygiene bei Nutztieren

Einleitung

- Organische Rest- und Abfallstoffe sind mit pathogenen Mikroorganismen und Schadstoffen belastet.
- Rückführung bzw. stoffliche Verwertung dieser Stoffe beinhaltet seuchen- und phytohygienische Risiken.

Schadstoffe in Biogasresten

chemische Schadstoffe

- Schwermetalle
- Arzneimittel (v.a. antimikrobiell wirksame Substanzen)
- persistente, bioakkumulative und toxische Substanzen (PBT), sehr persistente und sehr bioakkumulative Substanzen (vPvB)

biologische Schadstoffe

- Mikroorganismen (Pathogene)
- Toxine

Schadstoffe und Hygiene in Biogasresten

Risikobeurteilung

- Menge und Art abhängig von der Heterogenität der Input-Materialien
- desinfizierende Effizienz durch die biotechnologische Behandlung
- Anwendungsgebiete des Endprodukts
 - Wirtschaftsdünger

Vergärung von pflanzlichen Materialien, aus land-, forstwirtschaftlichen und gartenbau-lichen Betrieben auch in Co-Fermentation mit tierischen Fäkalien

→ geringere Anforderungen an die Seuchenhygiene (Biogasgülle)

- organische Düngemittel

Vergärung von Bioabfällen, tierischen Nebenprodukten, Klärschlämmen

→ höheres epidemiologisches Risiko



Antibiotika in Biogasresten

- antimikrobiell wirksame Substanzen (AMS)
- resistente Mikroorganismen
- Resistenzgene



**Biogasanlag
e**

Antibiotika in Biogasresten

Risikominimierung

- anaerobe Fermentation von Schweinekot
- Auswirkungen der Behandlung auf AMS und ARG im geschlossenen Agrarsystem
- Elimination von Oxytetracyclin (konzentrationsabhängig)
- *tetG* persistiert im Produktionskreislauf
- *tetC* + *tetM* werden durch Behandlung verringert, *tetO*, *tetQ* + *tetW* erhöht
- höhere Abundanz für viele ARG im Boden trotz Fermentation

NB: Biogasprozess garantiert keine vollständige Entfernung von AMS + ARG

Cheng et al., 2016; Yin et al., 2016;
Widyasari-Mehta, 2016

Antibiotikaresistenzen in Biogasresten

Schweinegülle

- Analyse des Resistoms mittels Kultivierung, qPCR, Next-Generation-Sequenzierung
- 83 ARG und 3 Transposons in Frischgülle
- resistente Bakterien und ARG gegen Tetrazyklin und Makrolid-Lincosamid-Streptogramin durch Fermentationsprozess reduziert
- gegen Sulfonamide, Aminoglykoside, Florfenicole und Amphenicole durch den Prozess angereichert

→ Gärreste ein wichtiges Reservoir für ARGs und MRE

Biogasprozess und Hygiene

Fermentationsprozess und thermische Inaktivierung

- Kalkulation der Dauer
- Einflussgrößen
 - Erregereigenschaften
 - Substratbeschaffenheit
 - Temperatur



Förderkennzeich
n
22003313

Biogasprozess und Hygiene

Mesophile Betriebsweise

- Desinfektion der Abfälle nicht möglich
- zusätzliche Desinfektion der Ausgangs – oder Endprodukte nötig → z.B. Pasteurisierung, Kompostierung
→ hygienisierte Gärrückstände

Thermophile Betriebsweise

- mindestens 50 °C über mindestens 24 h
- mechanische Mindestverweilzeit von 20 d
- Desinfektion der Abfälle möglich → hygienisierte Gärrückstände

Fermentationsprozess und Keimreduzierung

Eigene Untersuchungen

- Inputmaterial: Mischung Rinder-/Schweinegülle, Maissilage
- Testorganismen
 - *Escherichia coli* (ESBL), Salmonellen, *Listeria monocytogenes*
- Fermentationsprozess
 - Laborfermenter
 - Temperaturen: 40 °C, 50-53 °C, 55-58°C



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

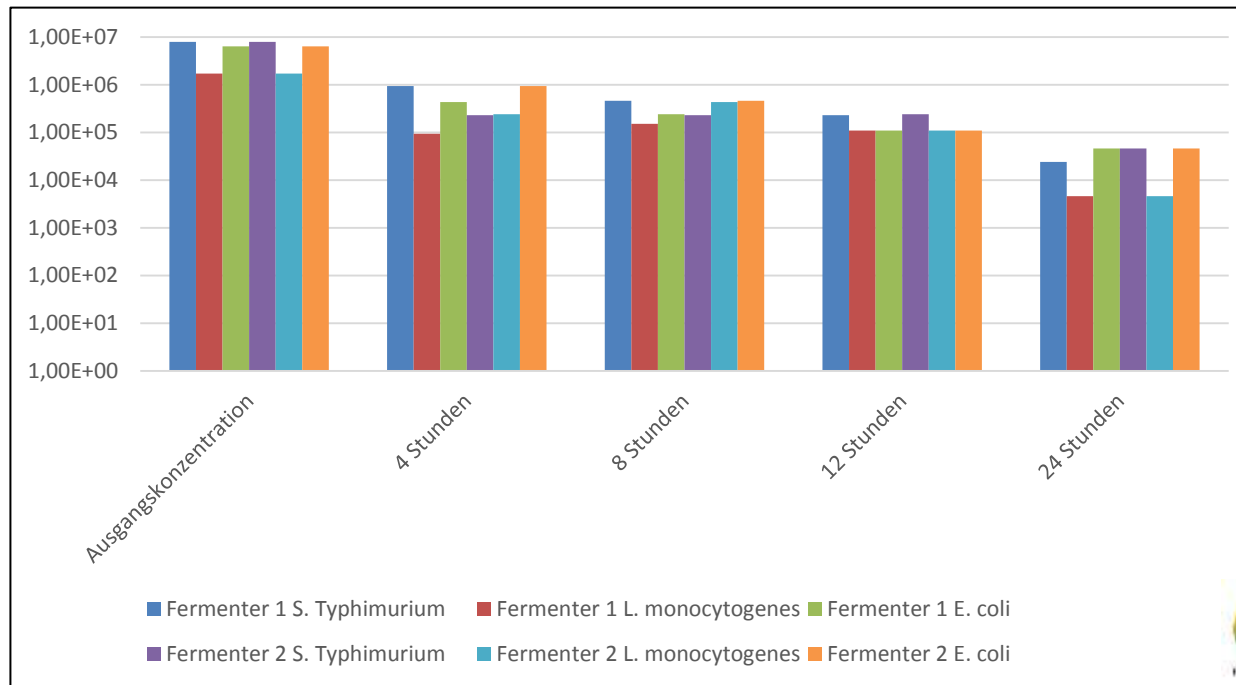
Förderkennzeich

n

22003313

Fermentationsprozess und Keimreduzierung

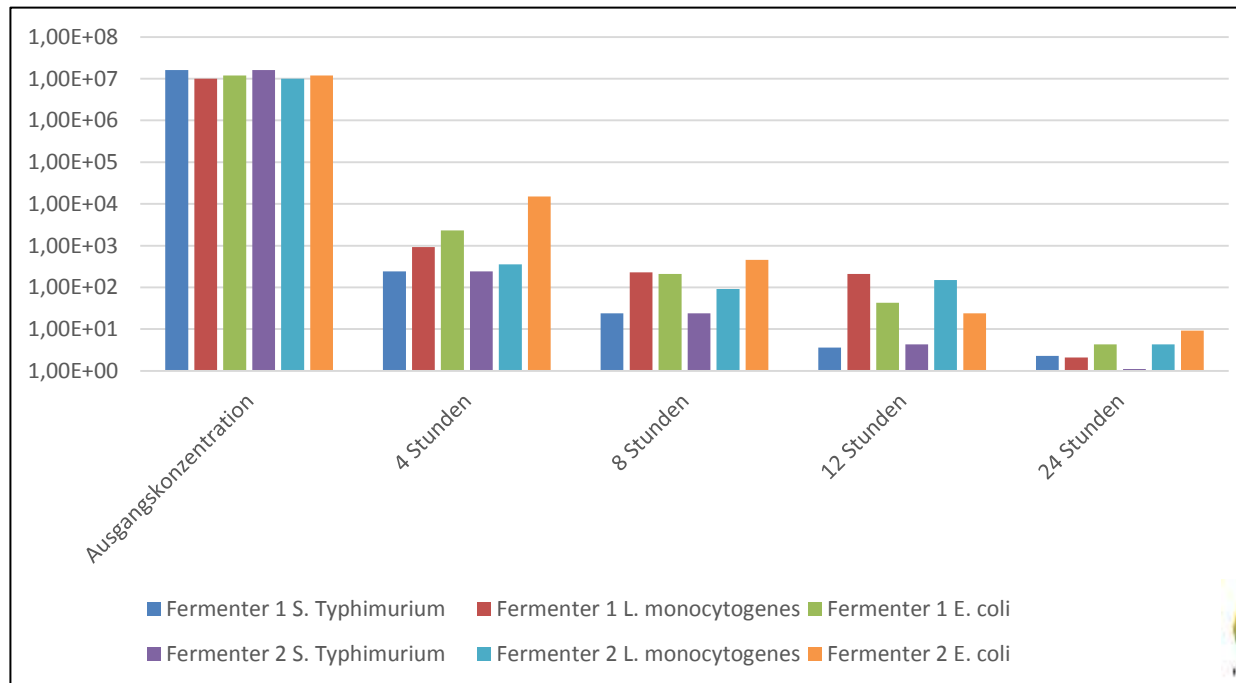
Ergebnisse
40°C



Förderkennzeich
n
22003313

Fermentationsprozess und Keimreduzierung

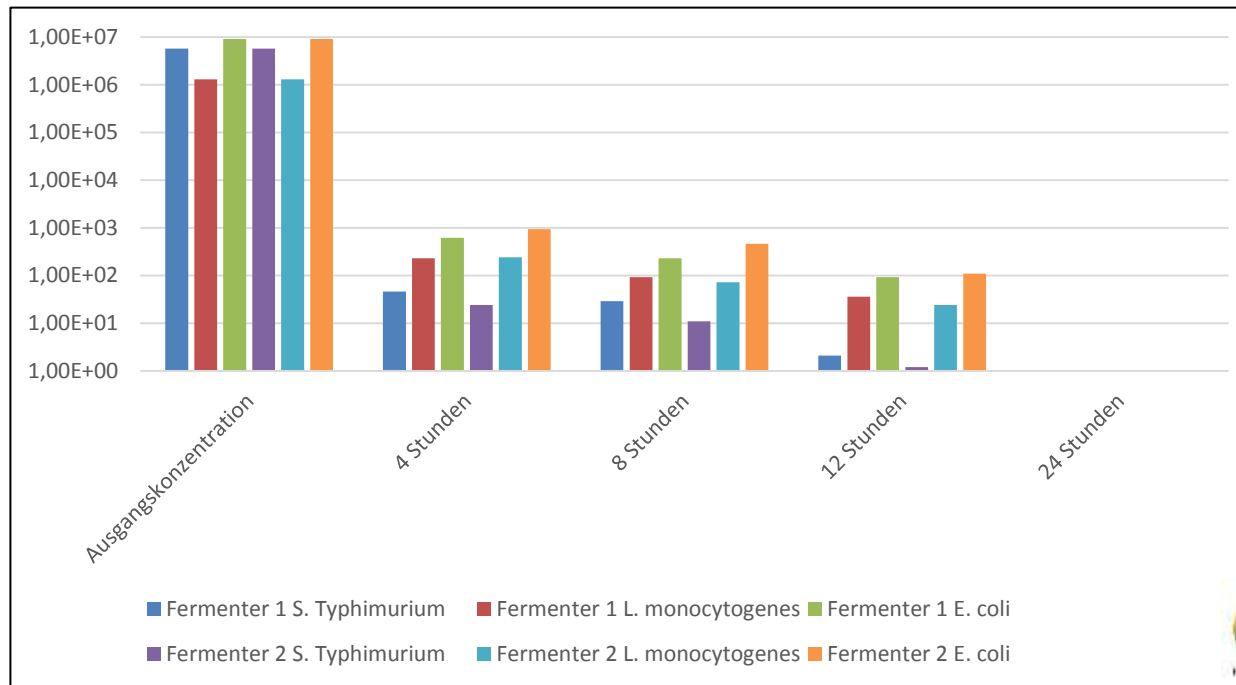
Ergebnisse
50-53°C



Förderkennzeich
n
22003313

Fermentationsprozess und Keimreduzierung

Ergebnisse
55-58°C



Förderkennzeich
n
22003313

Fermentationsprozess und Keimreduzierung

Bewertung

- Unter mesophilen Bedingungen ist nur eine sehr geringe Reduktion der Keimzahlen zu beobachten.
- Bei Temperaturen zwischen 50 bis 53 °C kam es zu deutlichen Reduktionen, wobei auch nach 24 Stunden alle Erreger nachgewiesen werden konnten.
- Bei Temperaturen über 55 °C wurde eine Hygienisierung schon nach mindestens 12 Stunden erreicht.
- Es wird aufgrund der vorliegenden Ergebnisse daher empfohlen, Biogasanlagen thermophil bei einer Temperatur >55°C und einer Verweilzeit von 12 h zu betreiben.



Förderkennzeich
n
22003313

Biogasprozess und Hygiene

Lagerung

- Kalkulation der Dauer
- Einflussgrößen
 - Erregereigenschaften
 - Jahreszeit
 - Substratbeschaffenheit



Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Eigene Untersuchungen

- fünf verschiedene Ausgangsmaterialien
- Testorganismen
 - *Escherichia coli* (ESBL), Salmonellen, *Listeria monocytogenes*
- Lagerung
 - vier verschiedene Temperaturprofile
 - sechs Monate Lagerungszeit



Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ausgangsmaterialien

Gärrest	Zusammensetzung des Inputmaterials
A	40% Schweinegülle, 30% Rindergülle, 30% nachwachsende Rohstoffe
B	60% Schweinegülle, 40% nachwachsende Rohstoffe
C	60% Rindergülle, 40% Gemisch aus Pferde-, Rinder- und Geflügel-festmist und nachwachsende Rohstoffe
D	60% Putengülle und Putenfestmist, 40% nachwachsende Rohstoffe
E	60% Gemisch aus Rindergülle mit Pferde- und Rinderfestmist, 40% nachwachsende Rohstoffe



Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Temperaturprofile

Temperaturprofil	Temperaturen
Januar bis Juni	1,1 °C, 1,9 °C, 5,6 °C, 10,2 °C, 14,3 °C, 17,8 °C
April bis September	10,2 °C, 14,3 °C, 17,8 °C, 19,1 °C, 18,8 °C, 14,5 °C
Juli bis Dezember	19,1 °C, 18,8 °C, 14,5 °C, 10,3 °C, 5,5 °C, 1,8 °C
Oktober bis März	10,3 °C, 5,5 °C, 1,8 °C, 1,1 °C, 1,9 °C, 5,6 °C



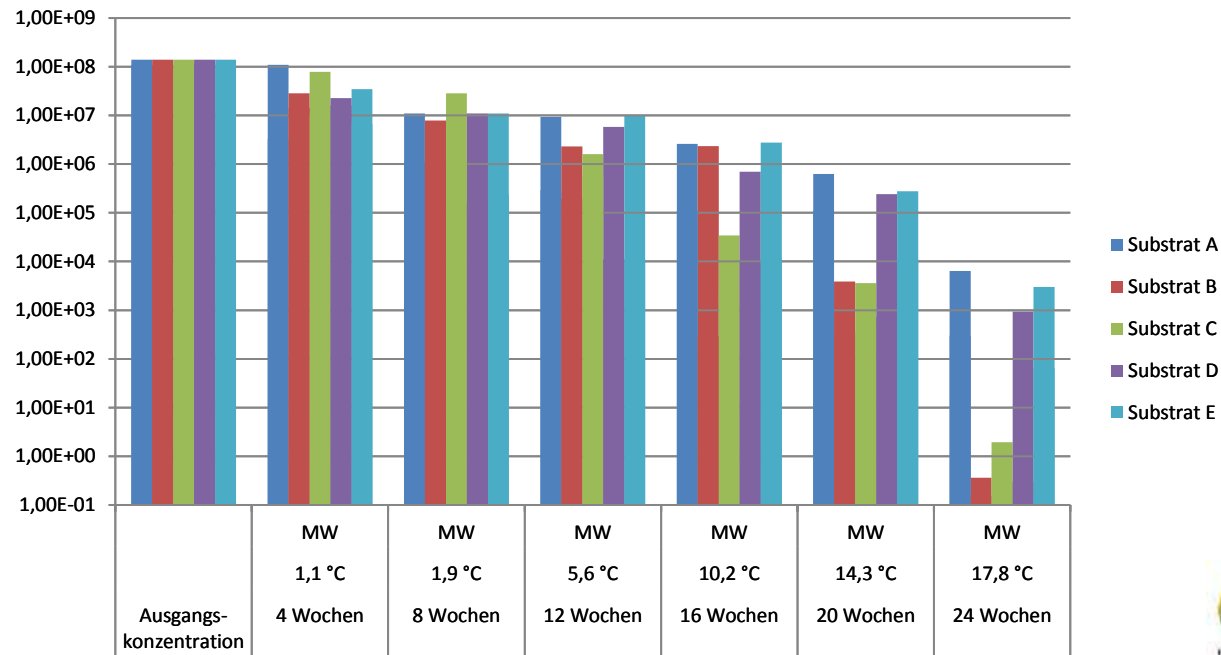
Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ergebnisse

E. coli

Januar bis Juni



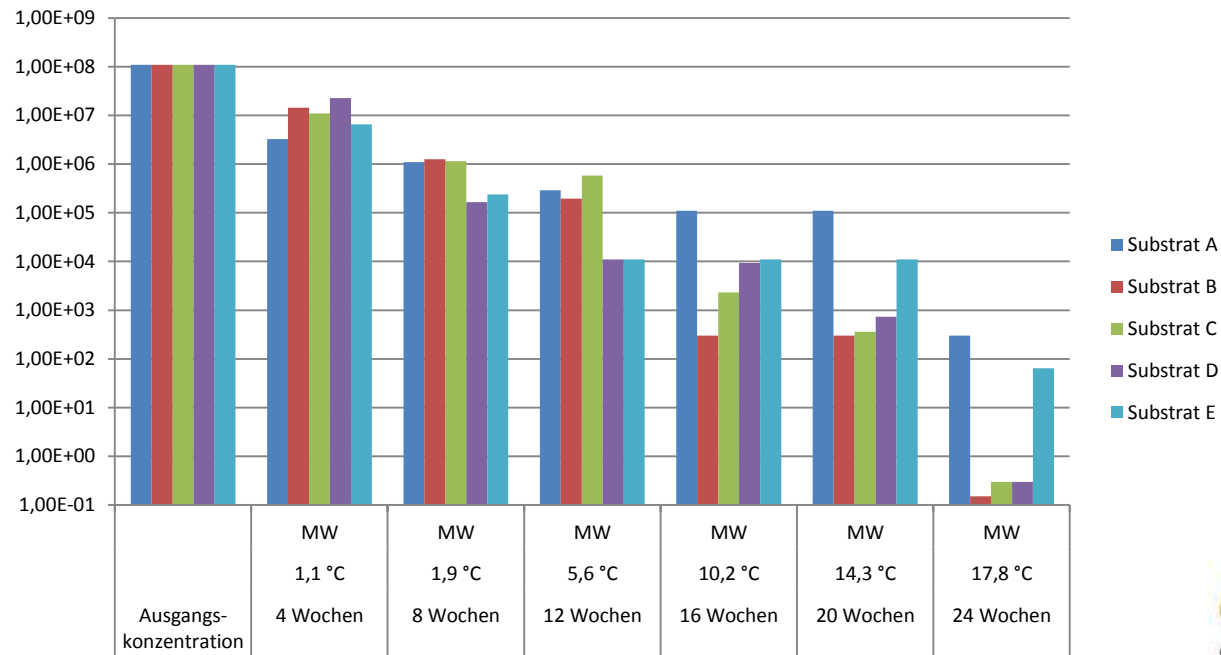
Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ergebnisse

Salmonella

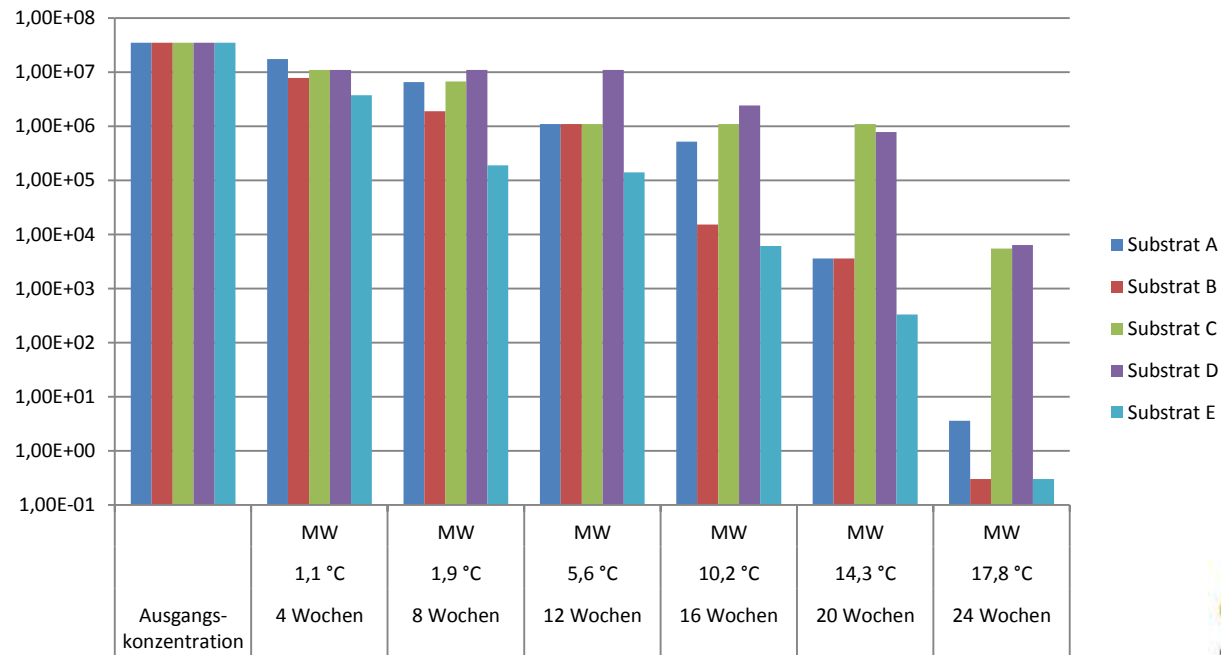
Januar bis Juni



Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ergebnisse *Listeria monocytogenes* Januar bis Juni

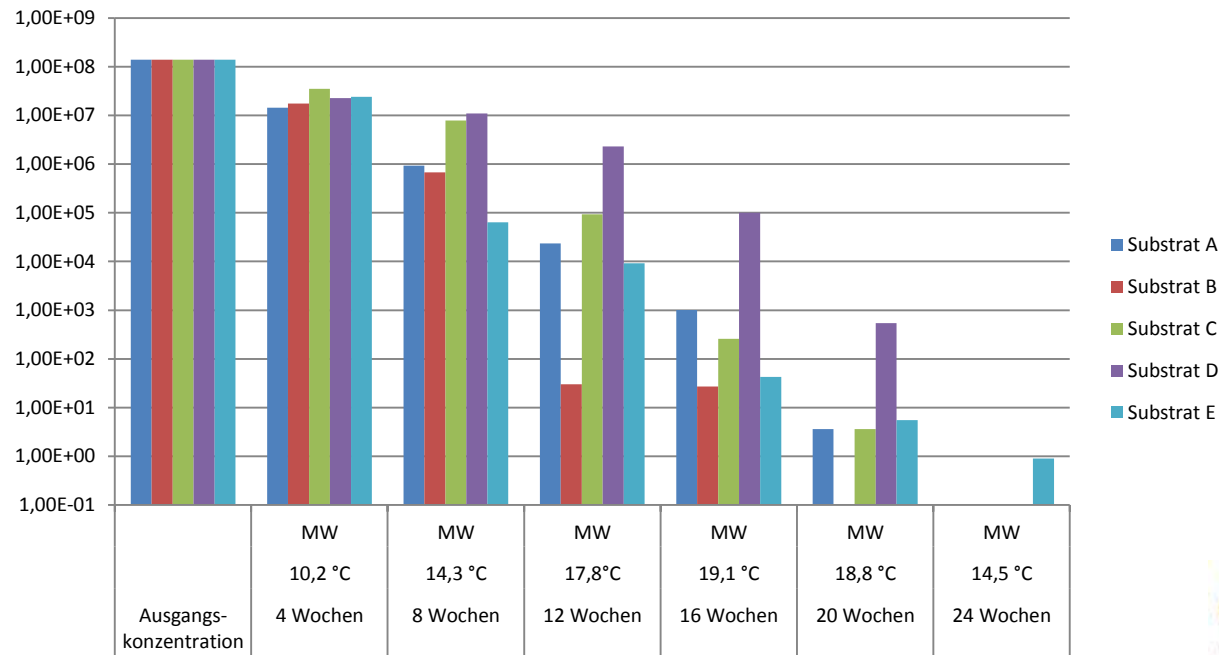


Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ergebnisse

E. coli
April bis
September

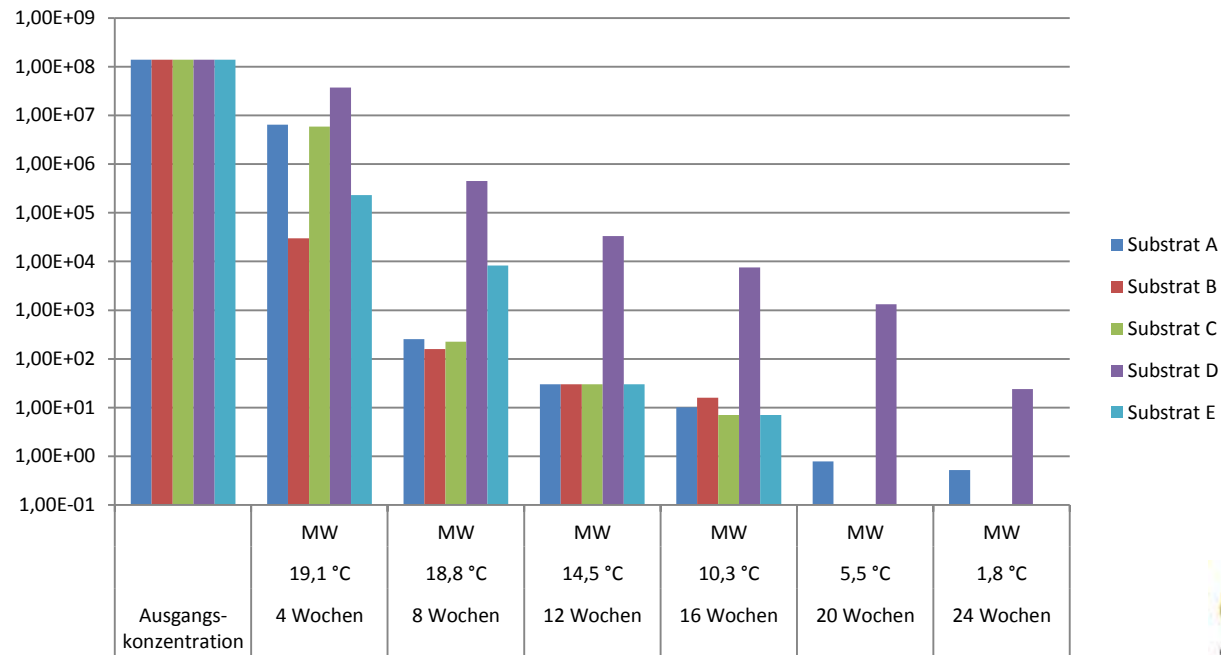


Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ergebnisse

E. coli
Juli bis
Dezember

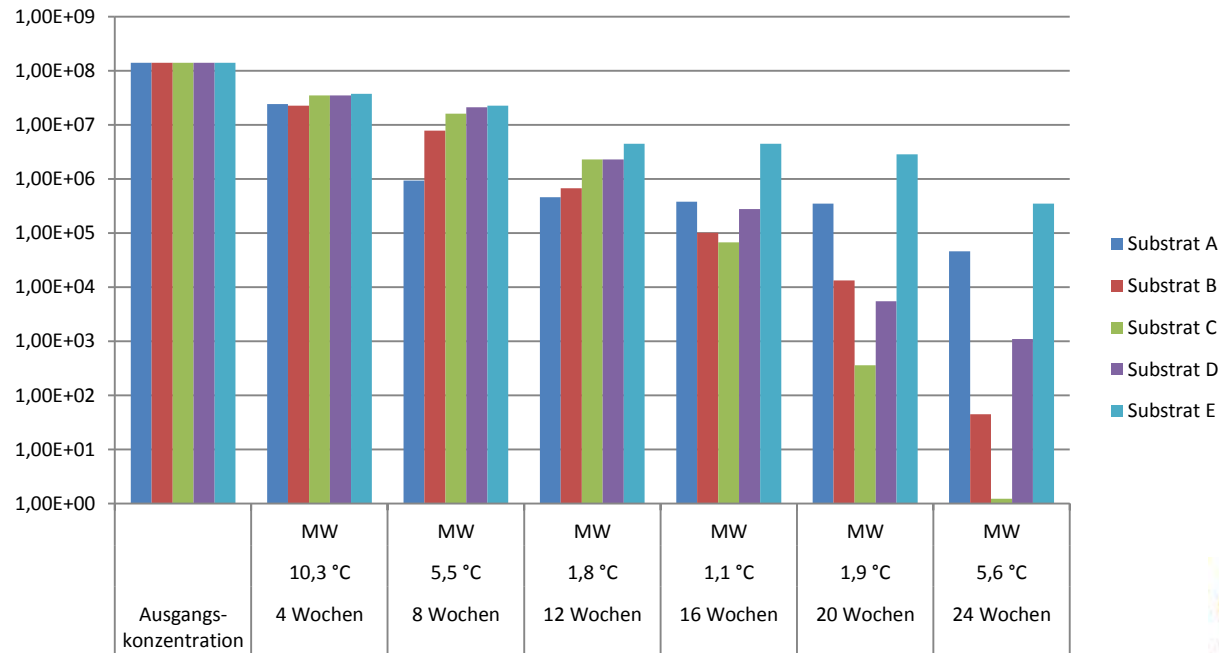


Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Ergebnisse

E. coli
Oktober
bis März



Förderkennzeich
n
22003313

Lagerung von Gärresten zur Desinfektion

Bewertung

- Zusammensetzung der Gärreste hat einen signifikanten Einfluss auf die Überlebensfähigkeit und Überlebensdauer der Pathogene.
- Temperatur und somit die Jahreszeit beeinflusst signifikant die Tenazität von Pathogenen.
- In den Monaten, in denen Gärreste aufgrund düngemittelrechtlicher Vorgaben nicht ausgebracht werden dürfen, ist die Reduktion von möglicherweise vorhandenen Pathogenen in Gärresten nur sehr gering.
- Lange Lagerungszeiten von bis zu 24 Wochen nötig, um eine Reduktion der Bakterienzahlen um mindestens 4 \log_{10} -Stufen im Sinne einer Hygienisierung zu erreichen.



Förderkennzeich
n
22003313

Verwertung Gärreste nach Trocknung der Feststoffphase

Trocknungsverfahren

- nach der mechanischen Entwässerung
- Zufuhr verschieden hoher Temperaturen
 - Hochtemperaturtrocknung → 100-450 °C → Pelletierung
 - Kaltluft- bzw. Niedertemperaturtrocknung → 40-80 °C
- Sonneneinstrahlung
- Inaktivierung von Mikroorganismen durch Temperatur und Verringerung des a_w -Wertes des Materials



Hygiene bei der Verwertung von Trocknungsprodukten

Eigene Untersuchungen

- separierte Gärreste
- verschiedene Verfahren
 - Bandtrocknungsanlagen
 - Solartrocknungsanlage
- Input-Output-Analysen
- Untersuchung des Gesamtbakteriengehalts, sowie Salmonellen, *E. coli*, Enterokokken, MRSA, *L. monocytogenes* bei jeweils vier verschiedenen Prozesstemperaturen (50 °C, 60 °C, 70 °C und 80 °C)
- Trockensubstanzgehalt des Endproduktes: ca. 80 %.



Förderkennzeich
n
22003313

Hygiene bei der Verwertung von Trocknungsprodukten

Ergebnisse

- Keimreduktionsraten: 1 – 2 log₁₀-Stufen
- kein Desinfektionserfolg durch Anwendung der Trocknungsmethoden
- z. T. sogar Anreicherung der Bakterien im Trocknungsprodukt



Förderkennzeich
n
22003313

Zusammenfassung

- Durch entsprechende technische Verfahrensweisen in vielen Teilbereichen kann das hygienische Risiko von durch den Biogasprozess produzierten Gärresten minimiert werden.
- Im Zusammenhang mit Spurenstoffen und Resistenzmechanismen sind die Erkenntnisse über den Einfluss des Biogasprozesses sowie von vor- und nachgelagerten Maßnahmen zur Verbesserung der Situation im Gärrest noch sehr lückenhaft. Hier besteht eindeutiger Forschungsbedarf.
- Die Frage der Hygiene und damit der Infektionsprophylaxe für Mensch, Tier, Pflanze und Umwelt sollte auch zukünftig einen entscheidenden Stellenwert haben.

Viele Dank für Ihre Aufmerksamkeit!