



KULa Ruhr

Abwasser + Biomasse = Energie

TP 06 Optimierung regionaler Energie- und Stoffströme mit Hilfe eines nachhaltigen Konzeptes zur Nutzung von Abwasser und landwirtschaftlicher Biomasse

M. Sc. Pascal Kosse | Dr.-Ing. Manfred Lübken | Prof. Dr.-Ing. Marc Wichern

1. Unsere Ziele

- Energieautarkie?
- Qualität des Biogases?
- Eignung Leach Bed Systems?
- Möglichkeiten der Optimierung?
- Grad der Hygienisierung
- Welche Biomasse ist am geeignetsten?
- Wieviel Biomasse steht zur Verfügung?
- Eignung des kommunalen Abwassers?

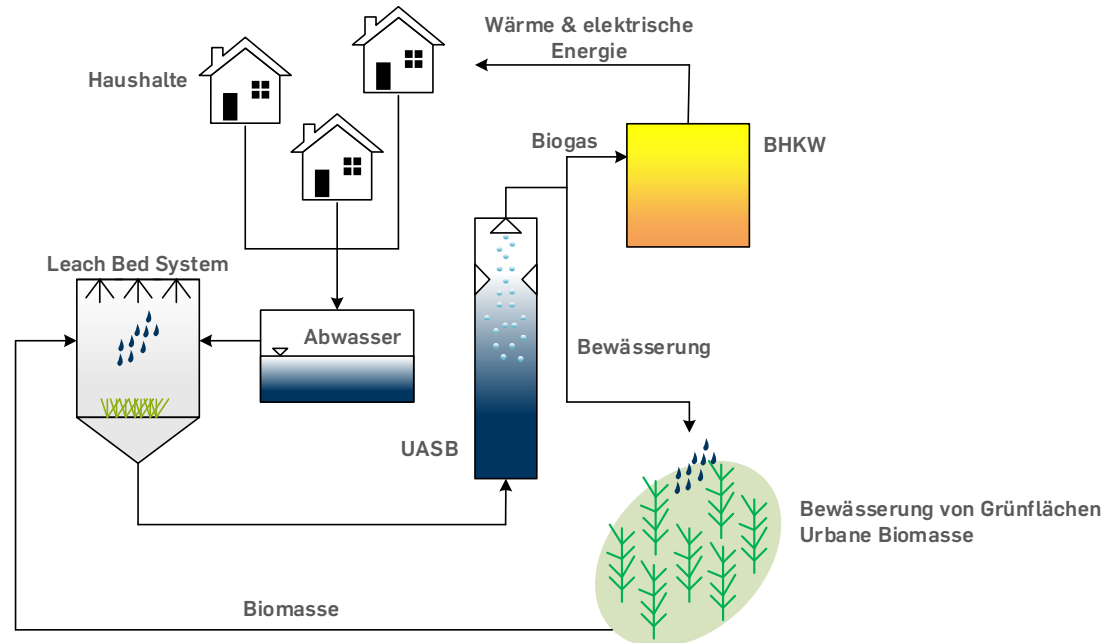


Abb. 1 Nachhaltigkeitskonzept im TP06

2. Versuchsaufbau

- Leach Bed System
- UASB-Reaktor (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)
- Batchversuche (VDI 4630)

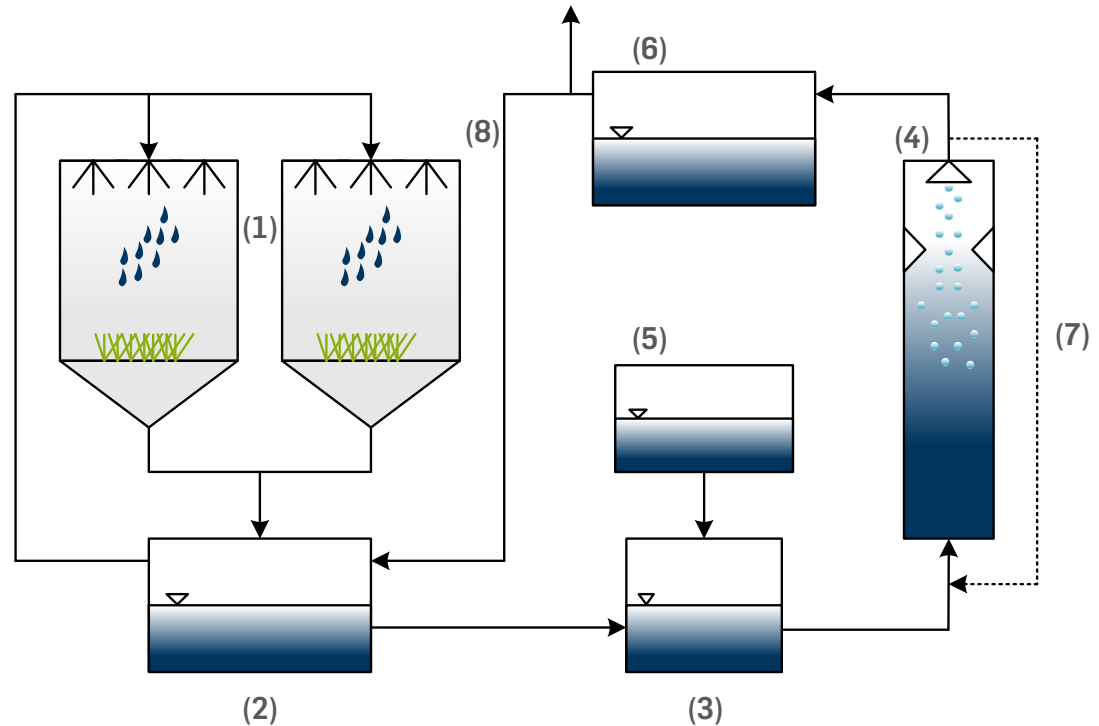


Abb. 2 Aufbau der Versuchsanlage. (1) Leach Bed System (2) Zwischenspeicher (3) Zwischenspeicher/Zulauf UASB (4) UASB-Reaktor (5) Vorratsbehälter Abwasser (6) Zwischenspeicher Ablauf UASB (7) Rezirkulation UASB (8) Rezirkulation Leach Bed

3. Untersuchte Substrate



Abb. 3 Untersuchte Substrate in der Modelregion

Tabelle 1 Experimentelle und theoretische Methangasausbeuten ausgewählter Substrate und ihre jeweilige chemische Zusammensetzung

Substrate	Zusammensetzung	$Y_{\text{Methan, exp.}} [L_N \cdot g_{\text{OTR}}^{-1}]$	$Y_{\text{Methan, theor.}} [L_N \cdot g_{\text{OTR}}^{-1}]$
Gras I	$C_{3.904}H_{5.434}O_{2.760}N_{0.220}S_{0.012}$	0,330	0,420
Gras II	$C_{3.800}H_{5.159}O_{2.795}N_{0.289}S_{0.012}$	0,320	0,440
Gras III	$C_{3.978}H_{5.863}O_{2.680}N_{0.224}S_{0.009}$	0,300	0,430
Gras IV	$C_{3.899}H_{6.049}O_{2.732}N_{0.222}S_{0.008}$	0,320	0,460
Acker-Kratzdistel	$C_{3.840}H_{4.938}O_{2.898}N_{0.139}S_{0.018}$	0,260	0,390
Spitzwegerich	$C_{3.961}H_{6.058}O_{2.776}N_{0.113}S_{0.010}$	0,260	0,450
Giersch	$C_{3.903}H_{5.244}O_{2.844}N_{0.156}S_{0.005}$	0,380	0,410
Brennnessel	$C_{3.763}H_{5.639}O_{2.726}N_{0.330}S_{0.027}$	0,380	0,400
Wiesen-Kerbel	$C_{3.974}H_{5.836}O_{2.715}N_{0.194}S_{0.007}$	0,400	0,440
Löwenzahn	$C_{4.050}H_{5.775}O_{2.529}N_{0.336}S_{0.011}$	0,230	0,440
Rainkohl	$C_{4.007}H_{5.637}O_{2.767}N_{0.122}S_{0.006}$	0,120	0,440
Wiesen-Bärenklau	$C_{3.918}H_{5.882}O_{2.663}N_{0.291}S_{0.010}$	0,380	0,430
Wiesen-Schafgarbe	$C_{4.030}H_{5.834}O_{2.750}N_{0.113}S_{0.005}$	0,290	0,450
Beifuß	$C_{3.972}H_{5.985}O_{2.729}N_{0.172}S_{0.006}$	0,260	0,440
Wiesen-Knäuelgras	$C_{3.862}H_{5.331}O_{2.832}N_{0.192}S_{0.007}$	0,320	0,410

- 3 – 10 % wird zum Aufbau neuer Biomasse benötigt
- Erwartete Wiederfindungsrate bei Pflanzenfetten und -proteine zwischen 50 % und 70 % (hier 71 %)

Tabelle 2 Experimentelle und theoretische Methangasausbeuten ausgewählter Laubsorten und ihre jeweilige chemische Zusammensetzung

Substrate	Zusammensetzung	$Y_{\text{Methan, exp.}} [\text{L}_\text{N} \cdot \text{g}_{\text{OTR}}^{-1}]$	$Y_{\text{Methan, theor.}} [\text{L}_\text{N} \cdot \text{g}_{\text{OTR}}^{-1}]$
Laub (Mischung)	$\text{C}_{4.482}\text{H}_{6.446}\text{O}_{2.306}\text{N}_{0.182}\text{S}_{0.007}$	0,075	0,540
Kastanie	$\text{C}_{4.079}\text{H}_{5.999}\text{O}_{2.653}\text{N}_{0.167}\text{S}_{0.005}$	0,160	0,500
Platane	$\text{C}_{4.354}\text{H}_{5.372}\text{O}_{2.542}\text{N}_{0.090}\text{S}_{0.011}$	NP	0,488
Linde	$\text{C}_{4.142}\text{H}_{5.873}\text{O}_{2.661}\text{N}_{0.114}\text{S}_{0.005}$	NP	0,470
Buche	$\text{C}_{4.124}\text{H}_{5.448}\text{O}_{2.718}\text{N}_{0.096}\text{S}_{0.005}$	NP	0,454
Birke	$\text{C}_{4.660}\text{H}_{6.724}\text{O}_{2.198}\text{N}_{0.133}\text{S}_{0.007}$	NP	0,576
Esche	$\text{C}_{3.999}\text{H}_{6.181}\text{O}_{2.761}\text{N}_{0.097}\text{S}_{0.006}$	NP	0,458
Spitzahorn	$\text{C}_{4.065}\text{H}_{5.585}\text{O}_{2.779}\text{N}_{0.063}\text{S}_{0.006}$	NP	0,451

- Lignocellulose fungiert als physikalische Barriere
- Ohne entsprechende Vorbehandlung ist kein adäquater Gasertrag zu erwarten

4. GIS-Analyse

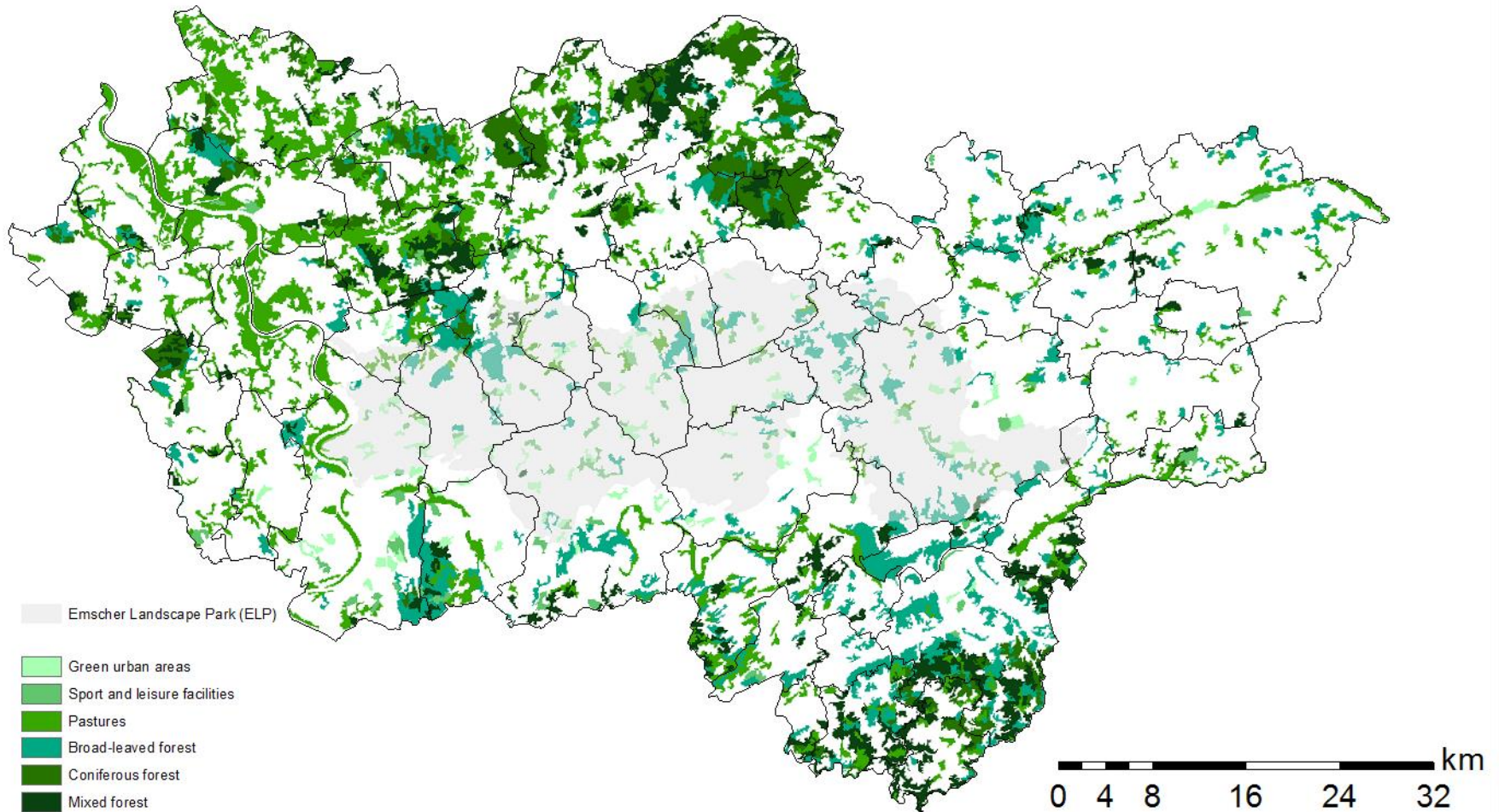


Abb. 4 GIS-Raumanalyse (CORINE Land Cover) für die Modelregion. Dargestellt sind städt. Grünanlagen, Sport/Freizeitanlagen, Wiesen und Weiden, Laubwälder, Nadelwälder und Mischwälder

5. Kofermentation

- 1236 km² Fläche auf der geeignete Biomasse wächst. Davon 43.94 km² öffentliche Grünfläche
- 32 Faultürme auf Kläranlagen; Maximale Kapazität 200.040 m³
- 12 t_{FM} · ha⁻¹ · Saison⁻¹
- 377 t_{FM} · d⁻¹
- Methanertrag Mehrschnittrasen 0.320 ± 0.01 Nm³ · kg_{OTR}⁻¹
- 12 weitere Kläranlagen könnten mit Biomasse versorgt werden

Tabelle 3 Evaluierung des Potenzials zur Kofermentation anhand einer typischen Kläranlage im ELP

	Konventionell	Kofermentation
EW		235000
Faulturmkapazität [m ³]		8720
Raumbelastung [kg _{OTR} · m ³ · d ⁻¹]	1.95	3
Methanertrag [Nm ³ · d ⁻¹]	4320	7251 (+ 2931)
organische Feststoffmenge [kg _{OTR} · d ⁻¹]	17000	26160 (+ 9160)
Anteil Jahresstromverbrauch [%]	40	68
Benötigte Biomasse [t _{FM} · d ⁻¹]		30.48

6. Betrieb des Leach Bed Reaktors

- Optimale Substratbelastung 2,25 kg_{FM}
- Organische Säuren wurden für die Biogasproduktion verbraucht

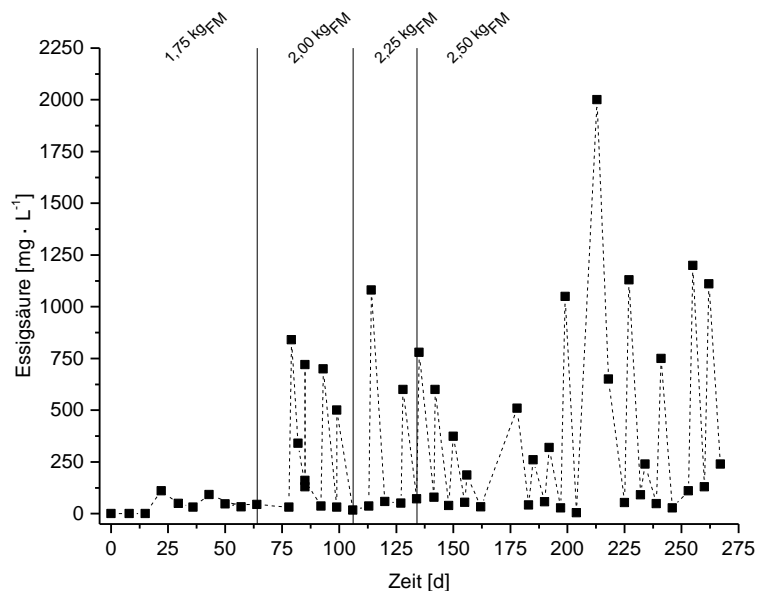


Abb. 5 Essigsäureproduktion im Leach Bed System in Abhängigkeit steigender Mengen Frischmasse

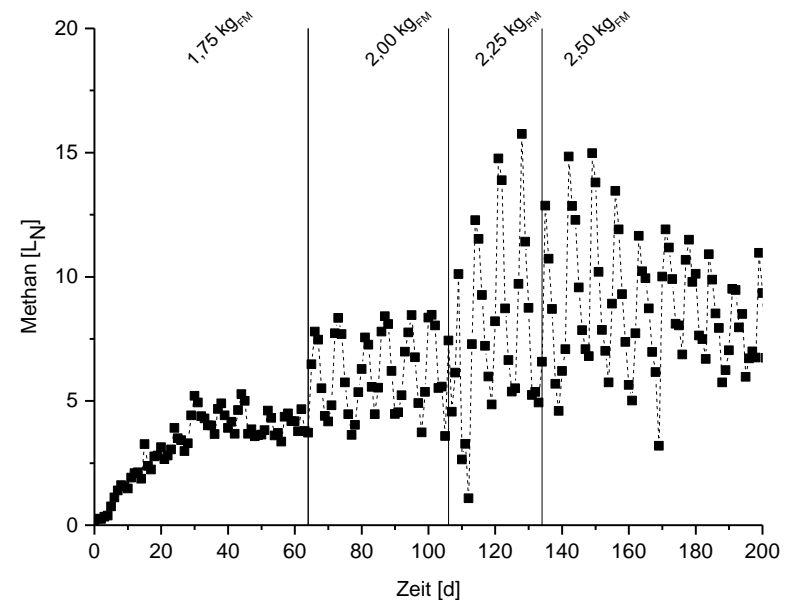


Abb. 6 Methanproduktion im Leach Bed System in Abhängigkeit steigender Mengen Frischmasse

7. Optimierter Betrieb durch Hemmung mit BES

- BES ist als Hemmstoff geeignet (40 mM)
- BES wurde nur einmalig zugegeben

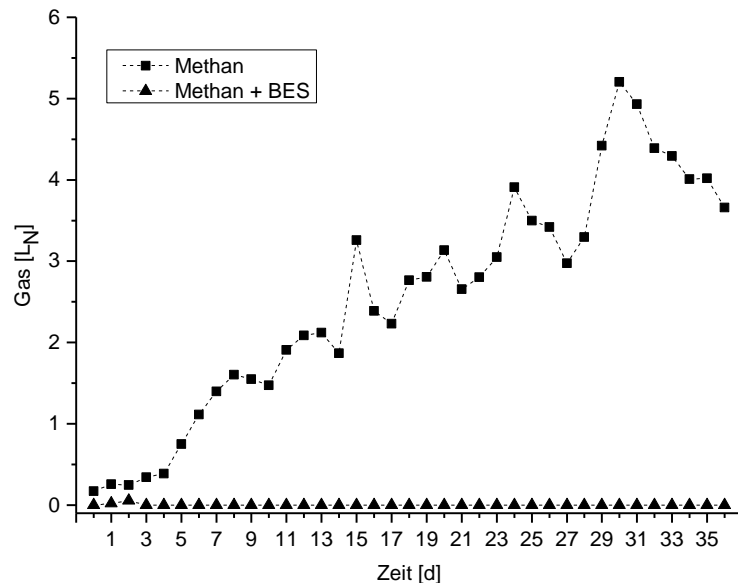


Abb. 7 Mit BES gehemmte und ungehemmte Anlaufphase des Leach Bed Systems

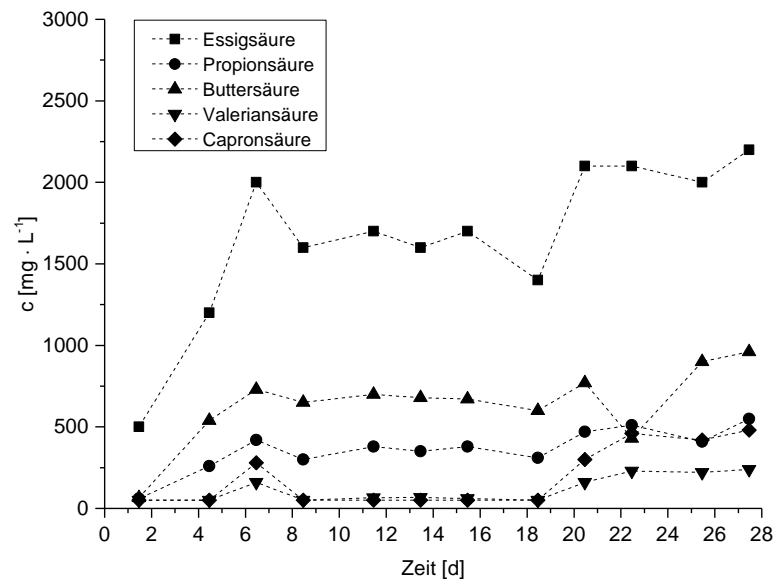


Abb. 8 Verlauf der Säureproduktion unter Hemmeinfluss von BES

8. UASB

- Insgesamt betrachtet war die Biogasqualität sehr gut (74 % CH₄, 6,5 % CO₂, 0,9 % O₂, 1293 ppm H₂S, 105 ppm H₂)
- *E. coli* und Enterokokken wurden in den ersten Wochen ausgewaschen

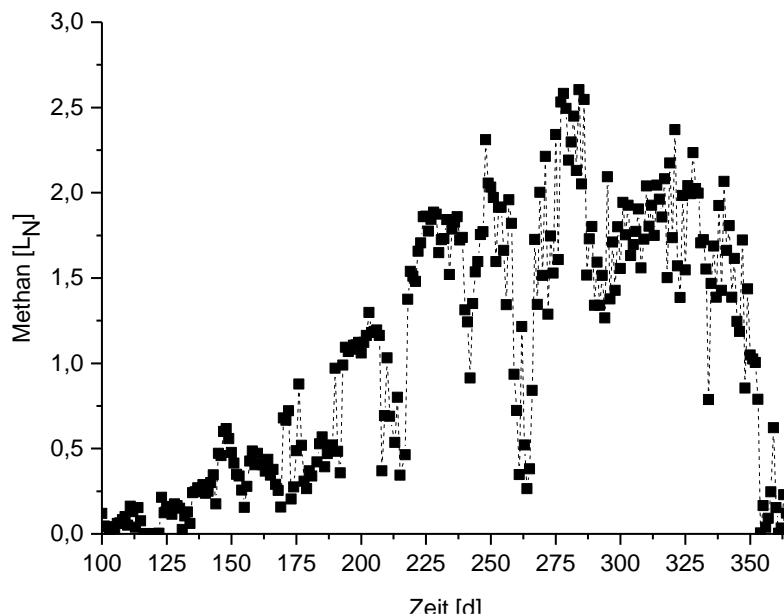


Abb. 9 Methangasproduktion im UASB-Reaktor

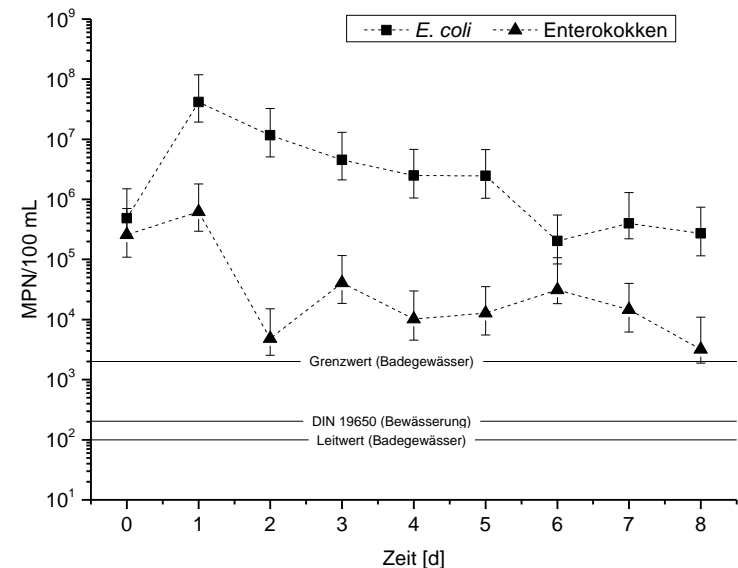


Abb. 10 Darstellung der *E. coli* und Enterokokken Konzentration im Ablauf des UASB Reaktors während der ersten acht Betriebswochen

9. Zusammenfassung

- Mehrschnittrasen ist als Substrat für ein Leach Bed System geeignet. Gleichmaßen ist sein Methangaspotenzial mit am höchsten
- Die anfallenden Mengen an Mehrschnittrasen in der Modellregion ermöglichen es die Energieeffizienz von Kläranlagen über Kofermentation zu erweitern
- Das Leach Bed System als Versäuerungsreaktor ist für einen zweistufigen Betrieb (mit UASB-Reaktor) geeignet, wenn entsprechende Hemmstoffe eingesetzt werden, um eine vorzeitige Biogasproduktion zu unterdrücken
- Der UASB-Reaktor ist nur bedingt geeignet
 - Fehlende Pelletisierung
 - Nachträgliche Hygienisierung notwendig
 - Gelöstes Methan in der Flüssigkeit

Sachbearbeiter am LSU

M. Sc. Pascal Kosse

Projektleitung am LSU

Prof. Dr.-Ing. Marc Wichern

Dr.-Ing. Manfred Lübken

In Vorbereitung

“Urban lignocellulose biomass can significantly contribute to energy production in municipal wastewater treatment plants – a GIS-based approach for a metropolitan area”

“Applicability of 2-bromo-1-ethanesulfonic acid for selective inhibition of methanogenic archaea in a pilot-scale leach bed system”

Studentische Arbeiten

2 Bachelor-Projektarbeiten, 2 Master-Projektarbeiten, 1 Masterarbeit,

3 Bachelorarbeiten