



Universität für Bodenkultur

Analyse und Optimierung neuer Biogasanlagen

ausgewählte Ergebnisse

Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Katharina Hopfner-Sixt

Inhalte des Vortrags



Universität für Bodenkultur

verstärkter Ausbau der Biogasproduktion ermöglicht die Entwicklung einer Vielfalt an Verfahrensvarianten mit hoher Professionalisierung

- Datenerhebung
- Substrateinsatz
- Anlagentechnik
- Prozessparameter
- Schlussfolgerungen

Flächendeckendes Monitoring

Projektdauer: Dezember 2004 – Februar 2007



Universität für Bodenkultur

Betriebsbesuche:

Feb. 2005 – März 2006

untersuchte Biogasanlagen:

55 Biogasanlagen

7 Oberösterreich

12 Kärnten

3 Burgenland

14 Steiermark

5 Vorarlberg

14 Niederösterreich

Flächendeckendes Monitoring (N=55)



Universität für Bodenkultur

- Besichtigung und Dokumentation der Biogasanlage
- Probenahme Substratinput
- Probenahme Gärsubstrat aller Prozessstufen
- pH-Wert Messung
- Gasanalyse
- Fragebogenerhebung: Inputsubstrate, Anlagentechnik, Gärrückstand, Verfahrenskennwerte, Kostenkalkulation, Arbeitszeit
- Laboranalyse



umfangreiche und detaillierte Betriebsdatensammlung

Intensives Monitoring auf 11 Biogasanlagen



Universität für Bodenkultur

- technische Analyse und Dokumentation der Anlage
- Messungen zu Stoff- und Energieströme der Anlage

tägliche Datenerfassung

- Substratinputmenge
- Temperatur
- pH-Wert
- Gasverbrauch
- Gaszusammensetzung
- produzierte Strommenge

Input- und Gärsubstratproben

- 2 x / Woche Fermenter
- 2 x / Woche Nachfermenter
- 1 x / Monat Endlager
- 1 x / Monat Substratinput

- Analysen im Labor

Laboranalysen



Universität für Bodenkultur

Probeninhalt	Flächendeckendes Monitoring	Intensives Monitoring
Gärrohstoff	TS-Gehalt, oTS-Gehalt, pH-Wert,	TS-Gehalt, oTS-Gehalt, pH-Wert, <i>pro Anlage 8 mal: Weender-Analyse</i>
Gärsubstrat	TS-Gehalt, oTS-Gehalt, pH-Wert, Gesamt-N, NH ₄ -N, organische Säuren,	TS-Gehalt, oTS-Gehalt, pH-Wert, Gesamt-N, NH ₄ -N, organische Säuren, <i>pro Anlage 8 mal: N_{org.}, C_{org.}, Bruttoenergiegehalt, Zucker- Gehalt, Stärke-Gehalt, Ca- und Mg-Gehalt, S-Gehalt</i>
Gärrest	TS-Gehalt, oTS-Gehalt, pH-Wert, Gesamt-N, NH ₄ -N, organische Säuren, Ca- und Mg-Gehalt, P- und K-Gehalt, Schwermetalle (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb)	TS-Gehalt, oTS-Gehalt, pH-Wert, Gesamt-N, NH ₄ -N, organische Säuren, Ca- und Mg-Gehalt, P- und K-Gehalt, Schwermetalle (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb)

Datenauswertung



Universität für Bodenkultur

Leistungsklassen		Substratklassen		
Klassifizierung	N	Klassifizierung	N	Beschreibung
< 100 kW _{el.}	13	100 % Energiepflanzen	6	nur Energiepflanzen
101 - 250 kW _{el.}	19	> 50 % Energiepflanzen	32	überwiegend Energiepflanzen
251 - 500 kW _{el.}	18	> 50 % Wirtschaftsdünger	11	überwiegend Wirtschaftsdünger
> 500 kW _{el.}	5	> 50 % organische Abfälle	3	überwiegend organischer Abfall
		ausgewogene Mischung	3	kein dominierender Anteil

Anlagengröße_1



Universität für Bodenkultur

2004: Ø Anlagengröße 180 kW_{el.}
2005: Ø Anlagengröße 250 kW_{el.}

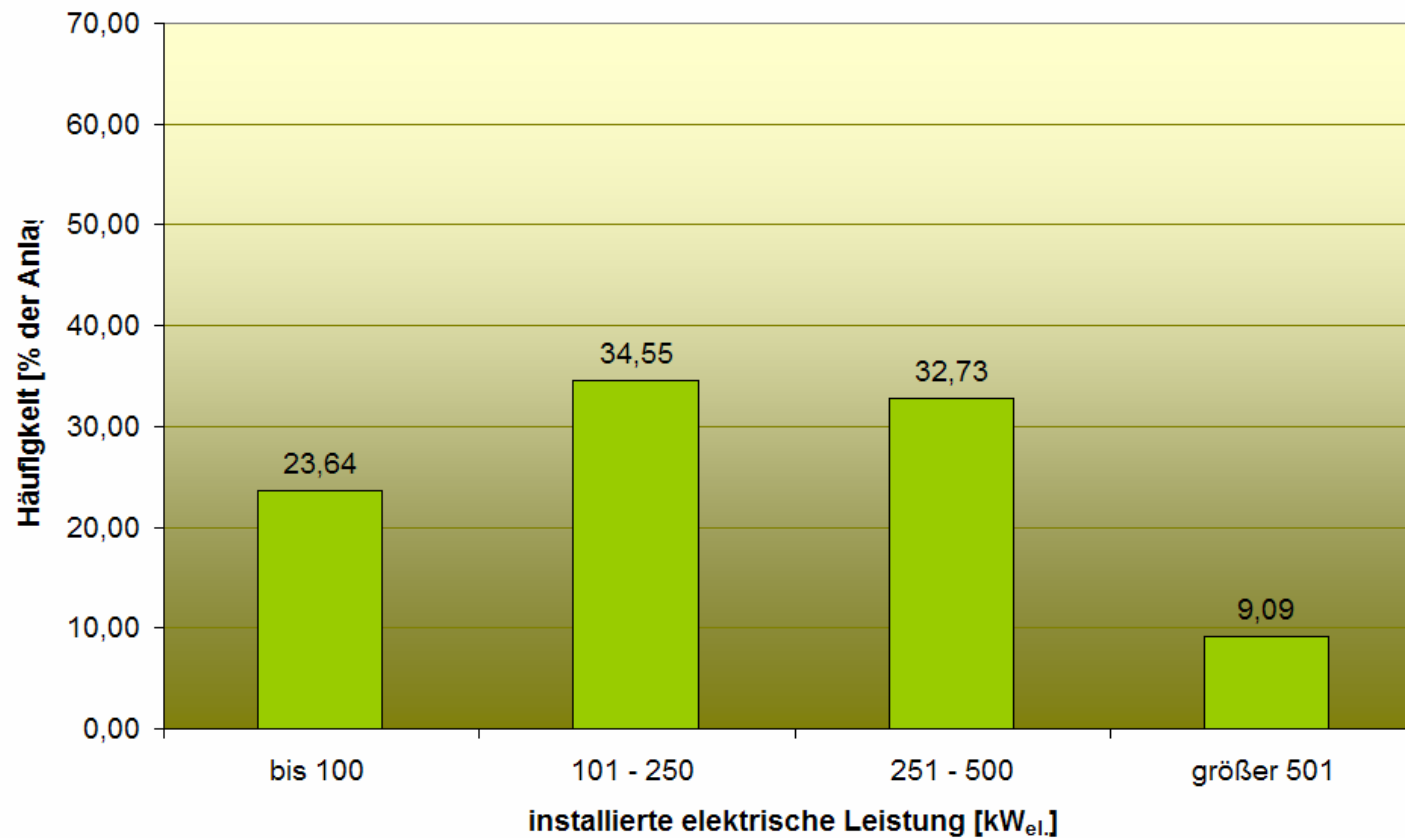
Anlagengröße_2



untersuchte Biogasanlagen: Ø Anlagengröße 320 kW_{el.}



Universität für Bodenkultur

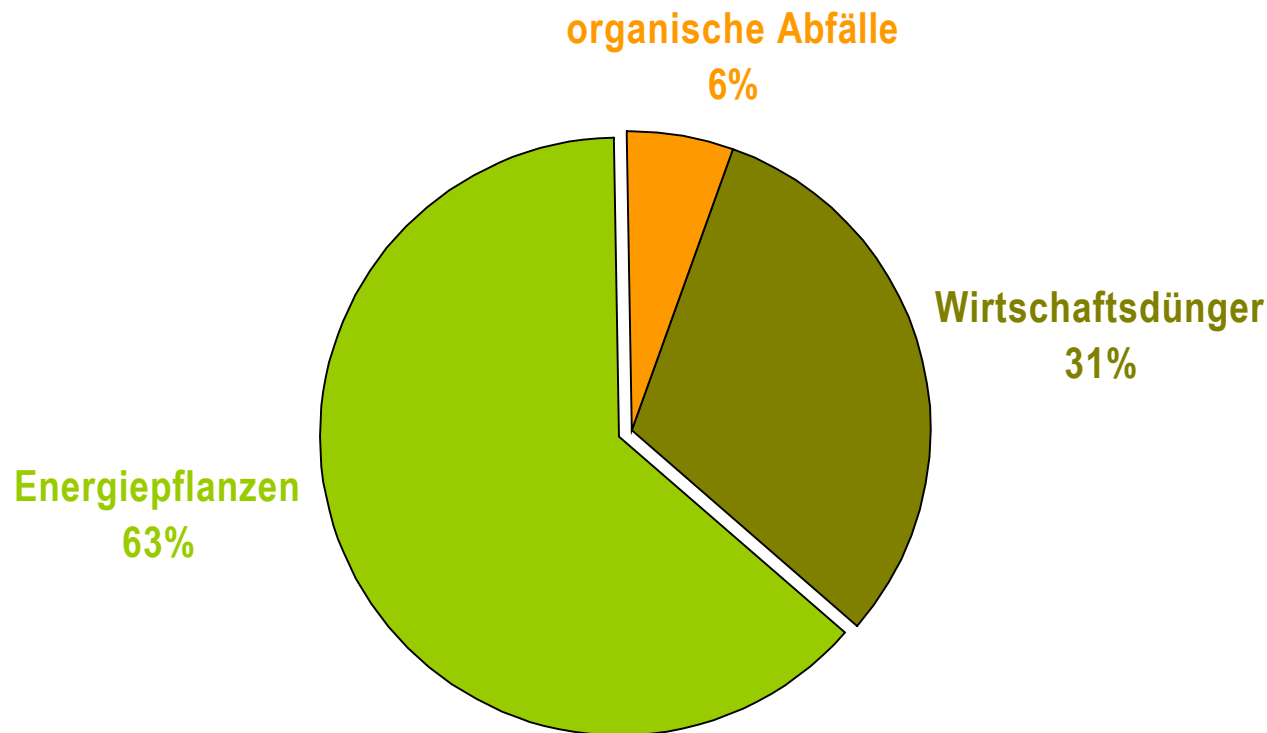


Verstärkter Einsatz von Energiepflanzen



Universität für Bodenkultur

- 10,9 % **Energiepflanzen** alleine
- 65,5 % **Energiepflanzen** und **Wirtschaftsdünger**
- 20,0 % **Energiepflanzen**, **Wirtschaftsdünger** und **organische Abfälle**
- 3,6 % **Wirtschaftsdünger** und **organische Abfälle**



berechnet aus täglichem Substratinput von 55 Biogasanlagen

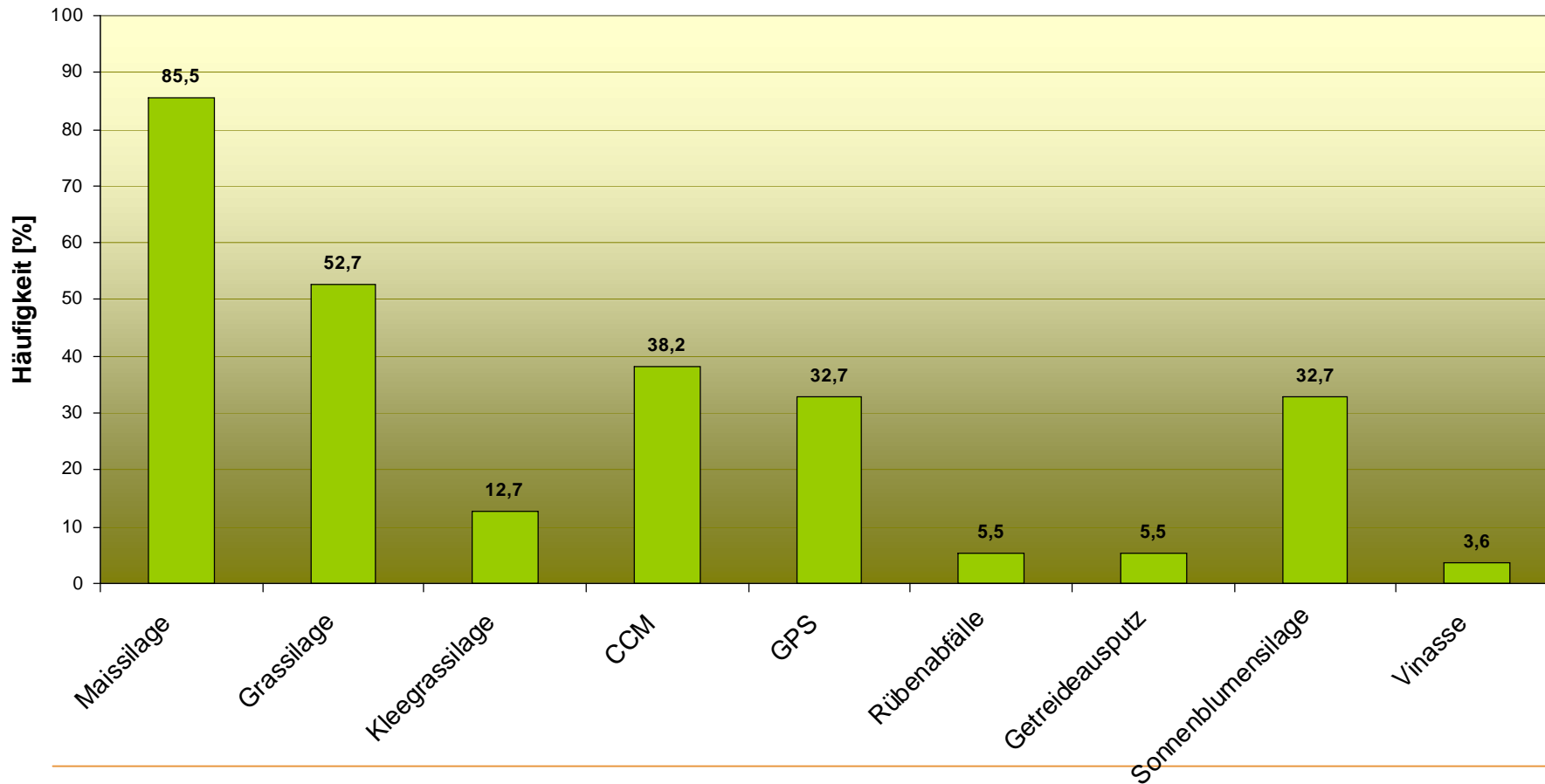
Einsatzhäufigkeit - Energiepflanzen



Anzahl eingesetzter Substrate: 1-2 Substrate: 11,1 %
3-5 Substrate: 70,4 %
5-7 Substrate: 18,5 %

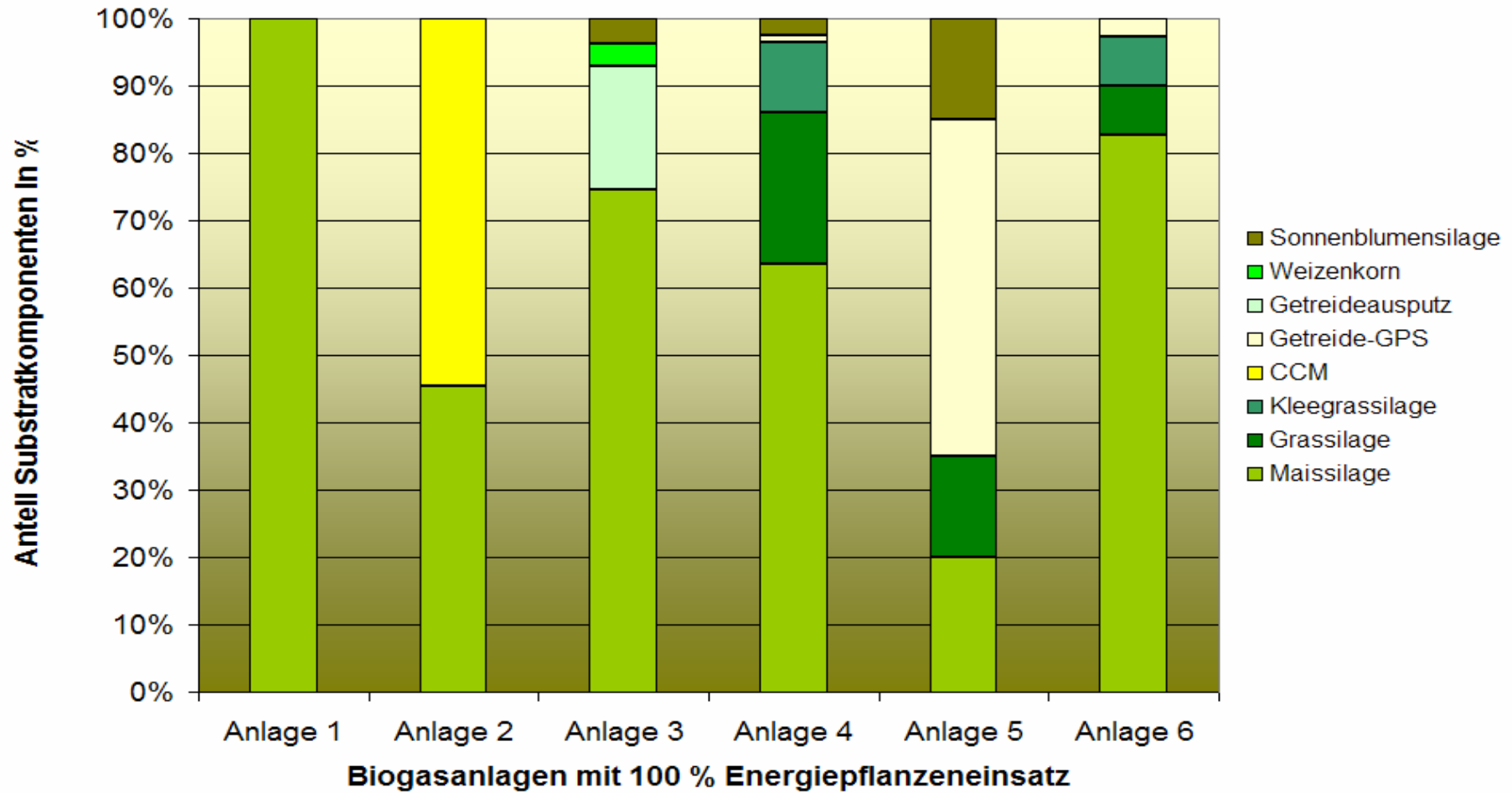


Universität für Bodenkultur



Substratzusammensetzung

Beispielanlagen 100 % Energiepflanzen

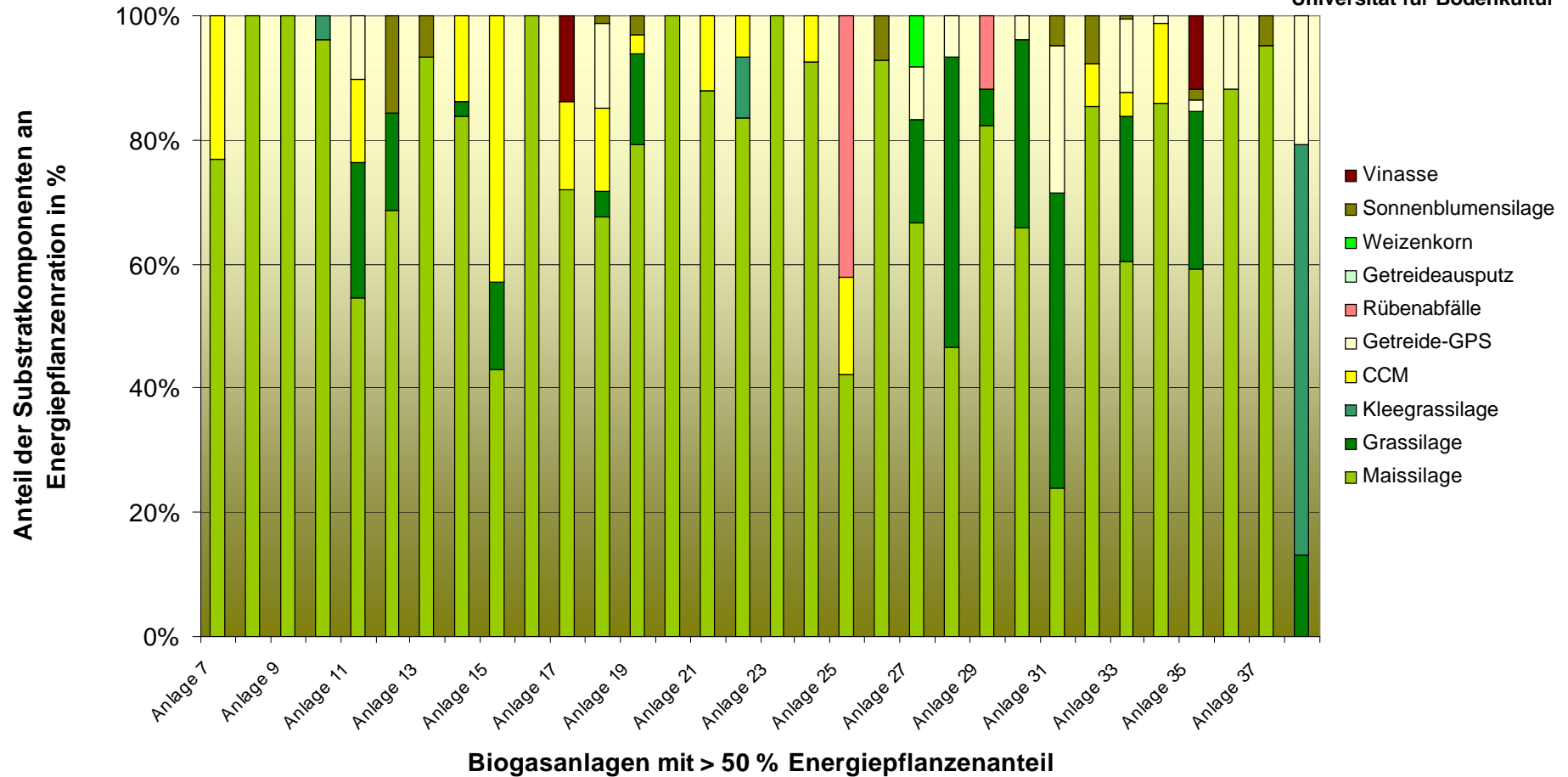


Substratzusammensetzung

Beispielanlagen >50 % Energiepflanzen



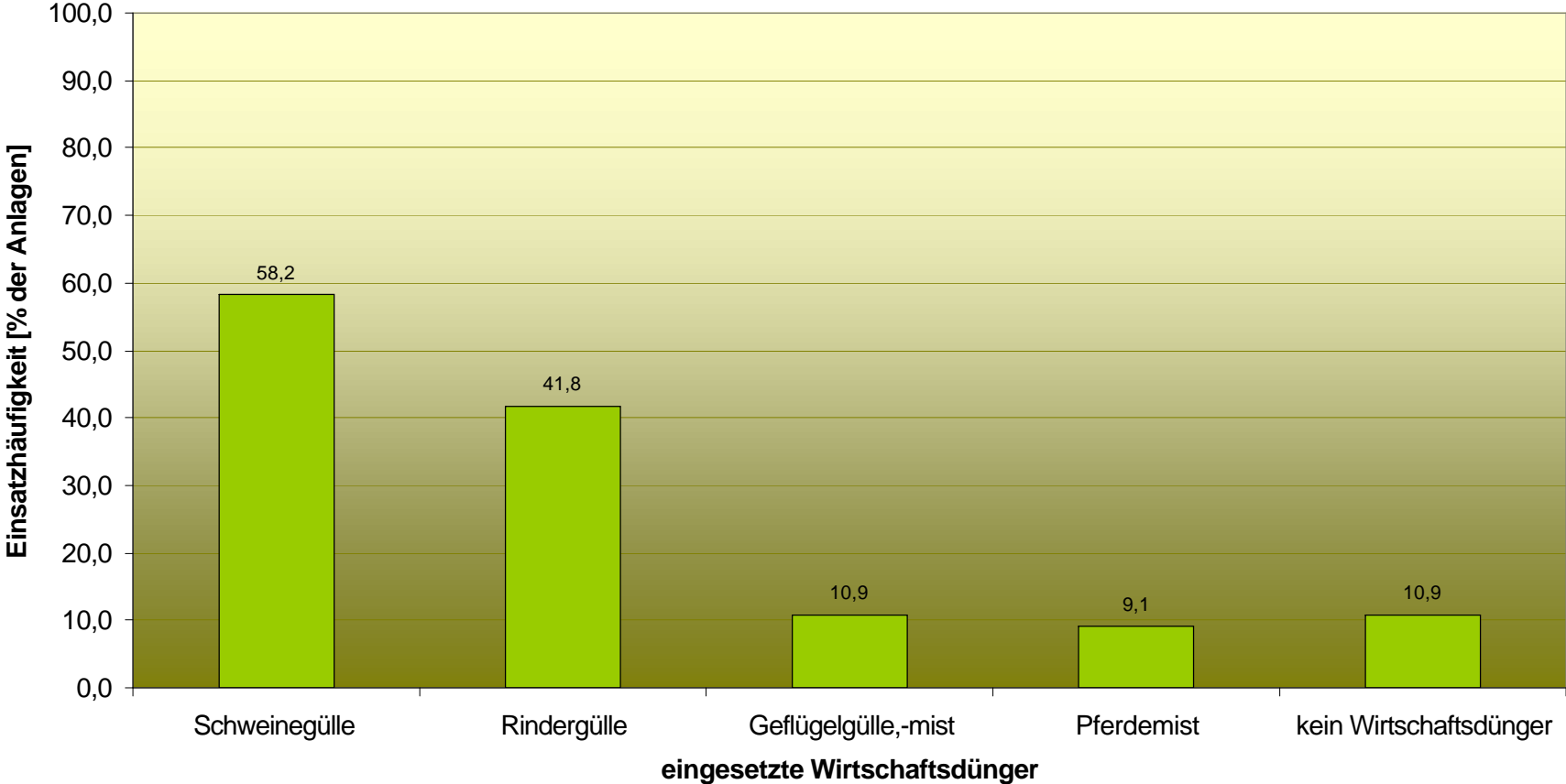
Universität für Bodenkultur



Einsatzhäufigkeit - Wirtschaftsdünger



Universität für Bodenkultur



Substratbedarf



Universität für Bodenkultur

Hauptkomponente Input	durchschnittlich hinzugefügte Menge Substrat in t FM / Tag durchschnittlich hinzugefügte Menge Energiepflanzen in t FM / Tag							
	< 100 kW _{el.}		101 – 250 kW _{el.}		251 – 500 kW _{el.}		> 501 kW _{el.}	
100 % Energiepflanzen	3,0		6,2		29,0		32,9	
> 50 % Energiepflanzen	7,9	5,3	16,0	12,6	28,9	20,3	30,4	27,4
> 50 % Wirtschaftsdünger	9,3	3,1	28,5	2,6	32,2	11,1	24,4	6,7
> 50 % organische Abfälle	k.A.	k.A.	12,0	0	k.A.	k.A.	24,1	2,1
Energiepflanze/ Wirtschaftsdünger/organische Abfälle gemischt	8,7	3,0	10,7	4,3	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Flächenbedarf

Karpenstein-Machan (2006): 52 ha → 100 kW_{el.}

78 ha → 150 kW_{el.}

260 ha → 500 kW_{el.}



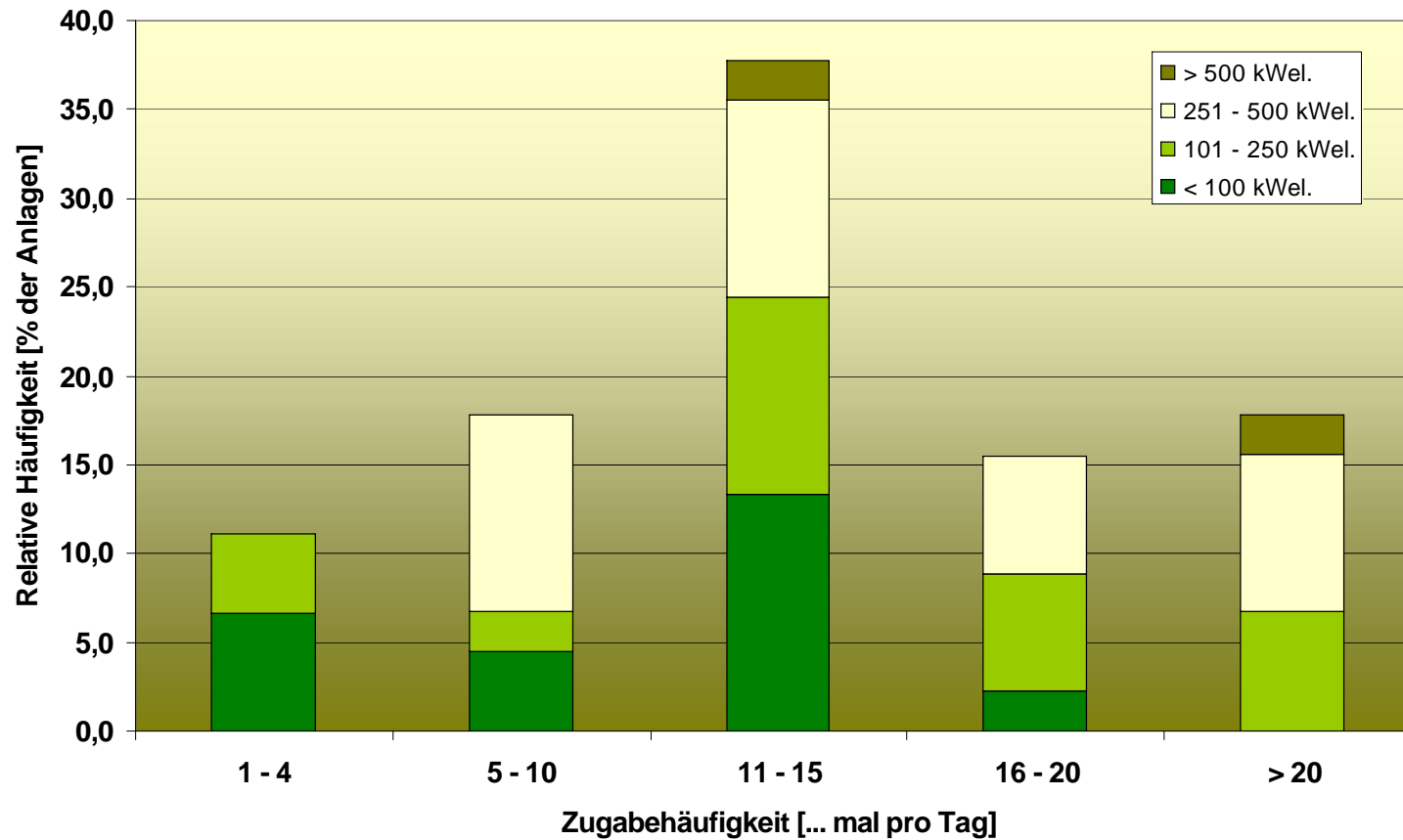
Universität für Bodenkultur

Hauptkomponente Input	durchschnittliche Anbaufläche in ha			
	< 100 kW _{el.}	101 – 250 kW _{el.}	251 – 500 kW _{el.}	> 501 kW _{el.}
100 % Energiepflanzen	50	76	k.A.	262
> 50 % Energiepflanzen	48	80	163	200
> 50 % Wirtschaftsdünger	43	39	133	k.A.
> 50 % organische Abfälle	k.A.	k.A.	k.A.	18
Energiepflanzen / Wirtschaftsdünger / organische Abfälle	39	23	k.A.	k.A.

Zugabehäufigkeit



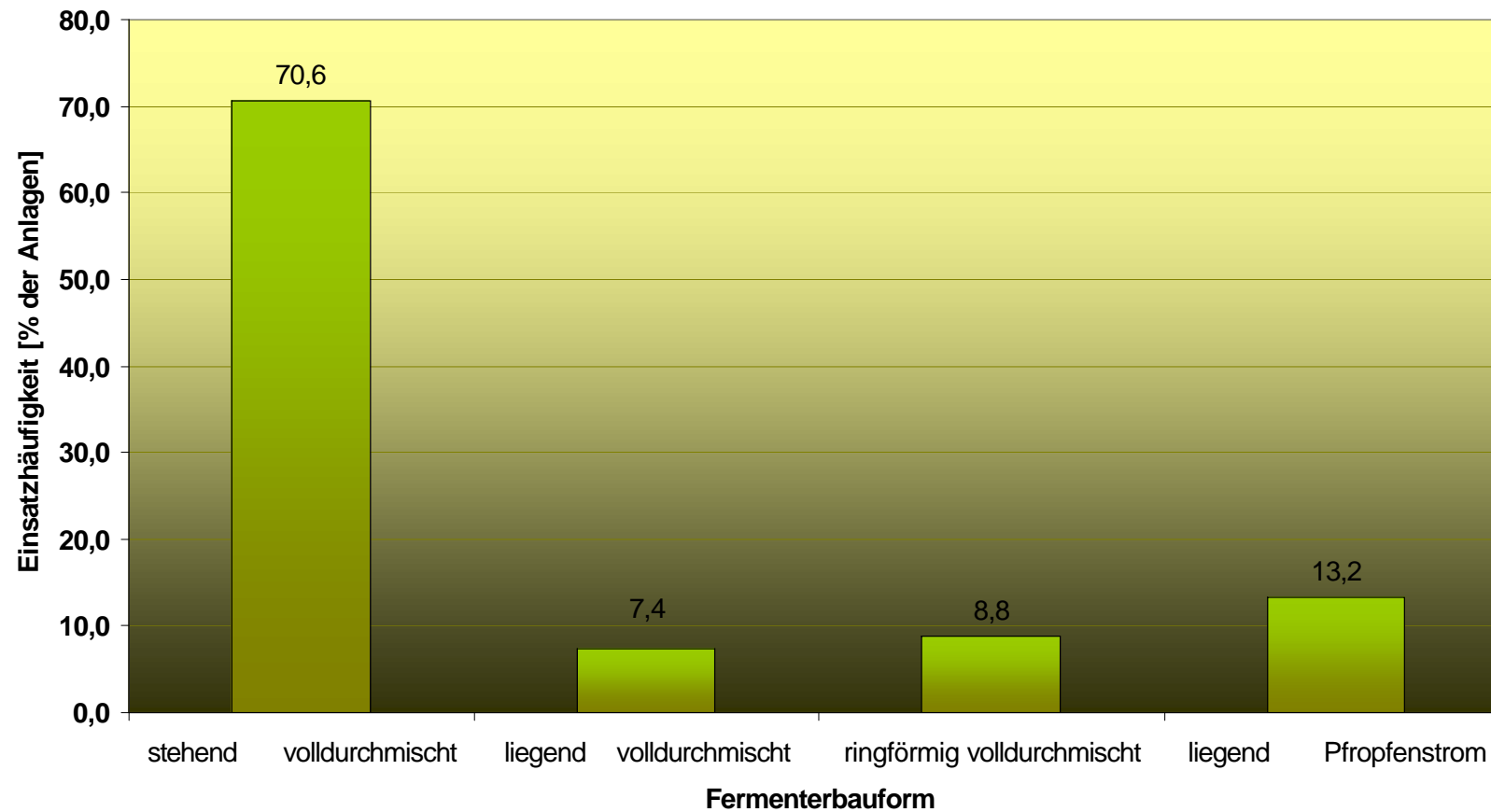
Universität für Bodenkultur



Einsatzhäufigkeit - Fermentersysteme



Universität für Bodenkultur



Fermentervolumen_1



Universität für Bodenkultur

	1. Stufe: stehender Fermenter		1. Stufe: liegender Fermenter	
	Fermenter [m ³]	Nachfermenter [m ³]	Fermenter [m ³]	Nachfermenter [m ³]
< 100 kW _{el.}	671	956	350	350
101 - 250 kW _{el.}	914	1.017	720	400
251 - 500 kW _{el.}	1.642	1.851	1.200	1.200
> 500 kW _{el.}	1.114	1.784	320	2.000

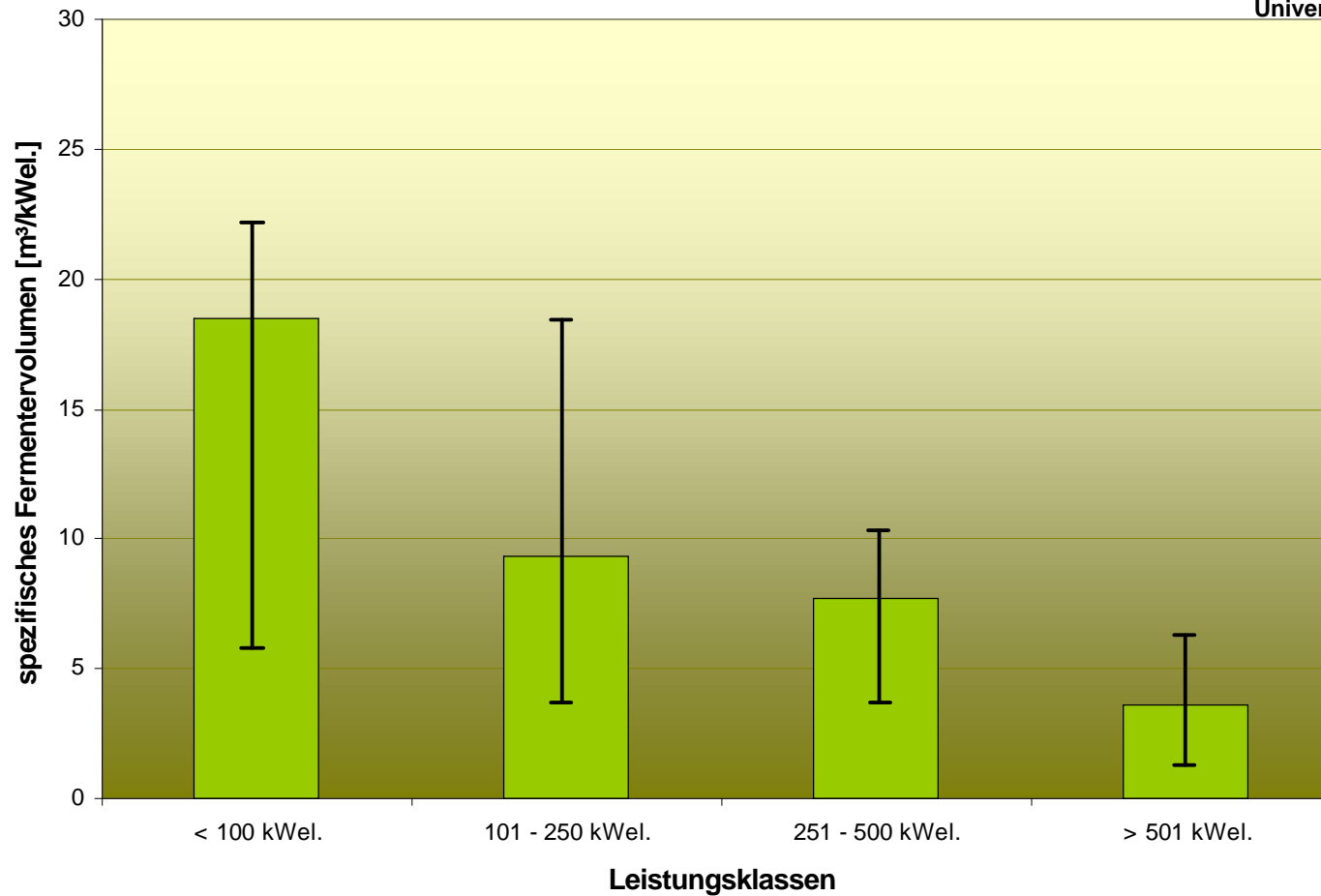
Fermentervolumen_2



- 51 % zwischen 501 – 1.000 m³ Fermentervolumen
- 29 % größer als 1.000 m³ Fermentervolumen



Universität für Bodenkultur



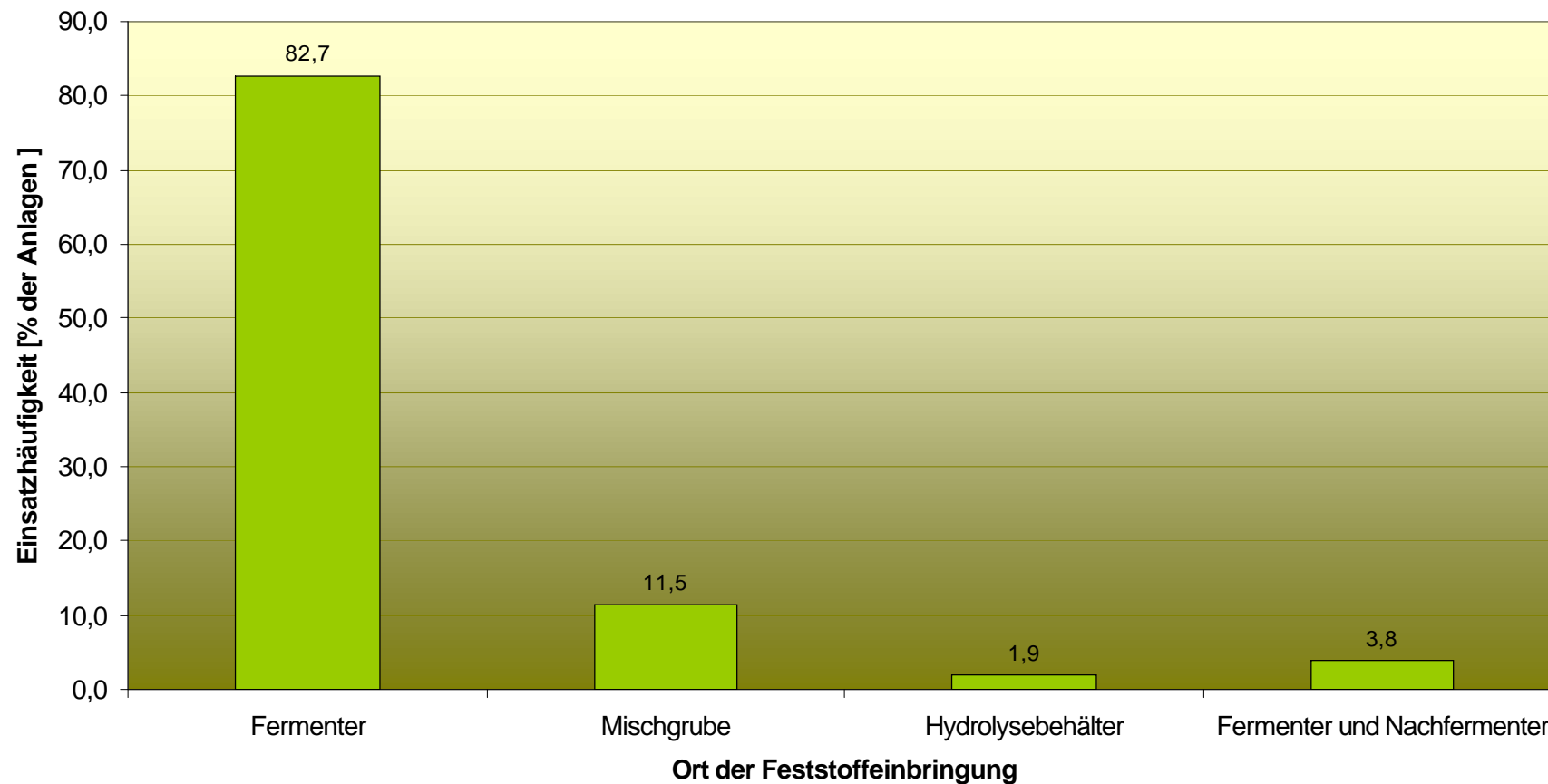
Feststoffeintrag



- 87 % Dosierstationen, davon **64 % Futtermischwagen**
- 71 % bringen alle 2 Stunden oder öfter Feststoffe autom. in den Fermenter ein
- durchschnittliche Laufzeit für Feststoffdosierstationen beträgt 78 Minuten pro Tag



Universität für Bodenkultur



Durchmischungstechnik



Universität für Bodenkultur

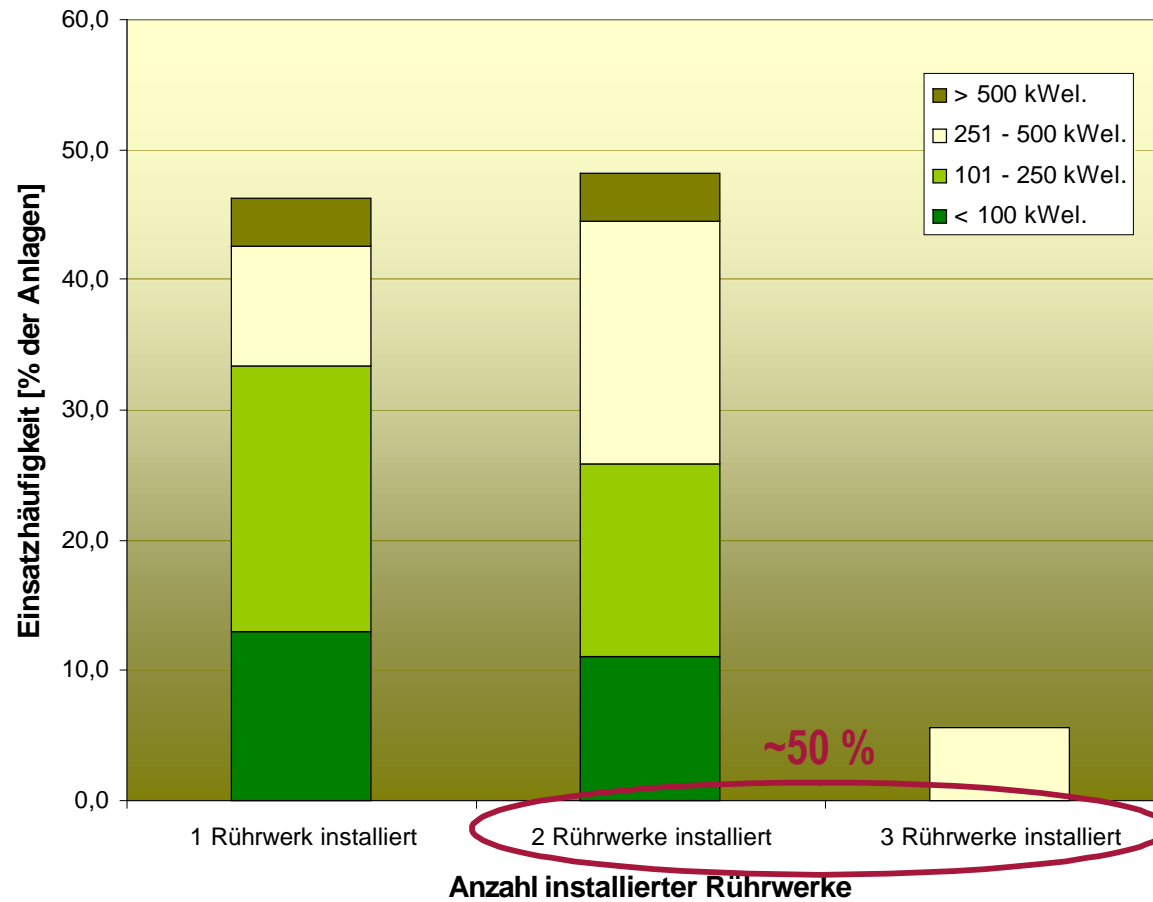
Gesteigerte Anforderungen:

- **Verstärkter Einsatz von Energiepflanzen**
 - ➔ höhere Trockensubstanzgehalte
 - ➔ höhere Fasergehalte
- **Steigerung der Anlagenkapazität**
 - ➔ größere Fermenter
- **Steigerung der Anzahl an Rührwerken**
- **Schwachstelle bei 32 % der Biogasanlagen**
(21 % BHKW, 11 % Feststoffeintrag)

Durchmischungstechnik



Universität für Bodenkultur



Einsatzhäufigkeit: Fermentergröße, Anzahl Rührwerke



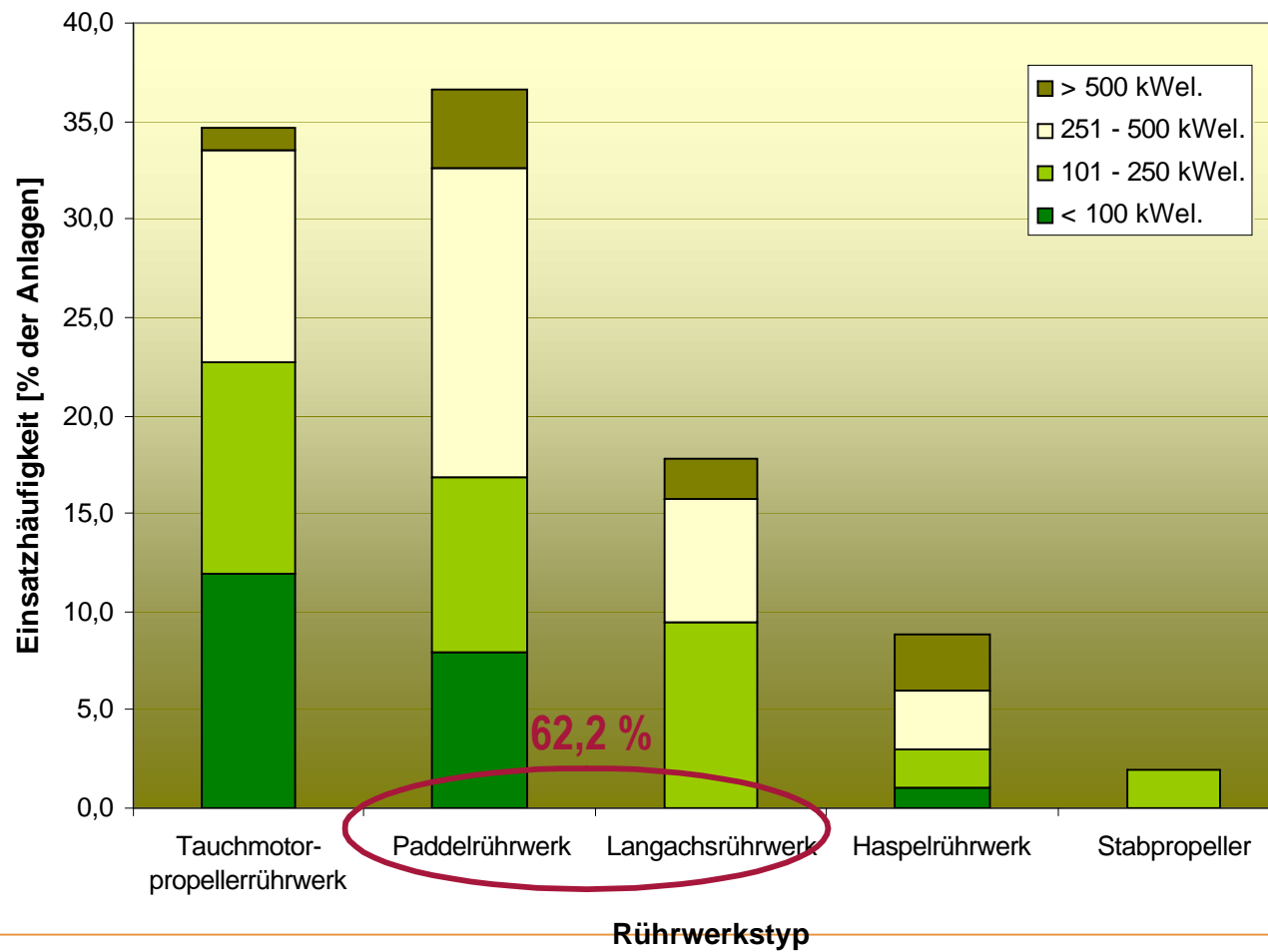
Universität für Bodenkultur

	Fermentergröße [m ³]				
	< 500	501 – 1.000	1.001 – 1.500	1.501 – 2.000	> 2.000
Einsatzhäufigkeit [% der Anlagen]	20,0	50,8	4,6	13,8	10,8
Einsatz 2 od. 3 Rührwerke [% der Anlagen]	7,7	54,5	66,7	66,7	85,7

Durchmischungstechnik



Universität für Bodenkultur



Charakteristika von Rührwerken



Universität für Bodenkultur

	Tauchmotorpro- pellerrührwerk	Paddel- rührwerk	Langachs- rührwerk	Haspel- rührwerk	Stabpropeller
Einsatzhäufigkeit [% der Anlagen]	34,0	35,0	18,5	8,7	3,8
Ø Anschlussleistung [kW]	13,4 (11 – 15)	14,8 (5 – 30)	11,2 (10 – 15)	1,4 (1 – 1,6)	15 (15)
Ø Rührwerksflügel [cm]	71,0	379,0	275,0	190,0	60,0
Ø Drehzahl Rührwerkflügel [Umdrehungen/min.]	400,0	18,0	36,0	5,0	400,0
Ø Einschaltintervall Rührwerk [...mal pro Tag]	26,0	34,0	28,0	42,0	12,0
Ø Laufzeit Rührwerk [Stunden / Tag]	3,9	7,1	5,1	17,0	2,3

Aufteilung Rührwerke pro Fermenter



Universität für Bodenkultur

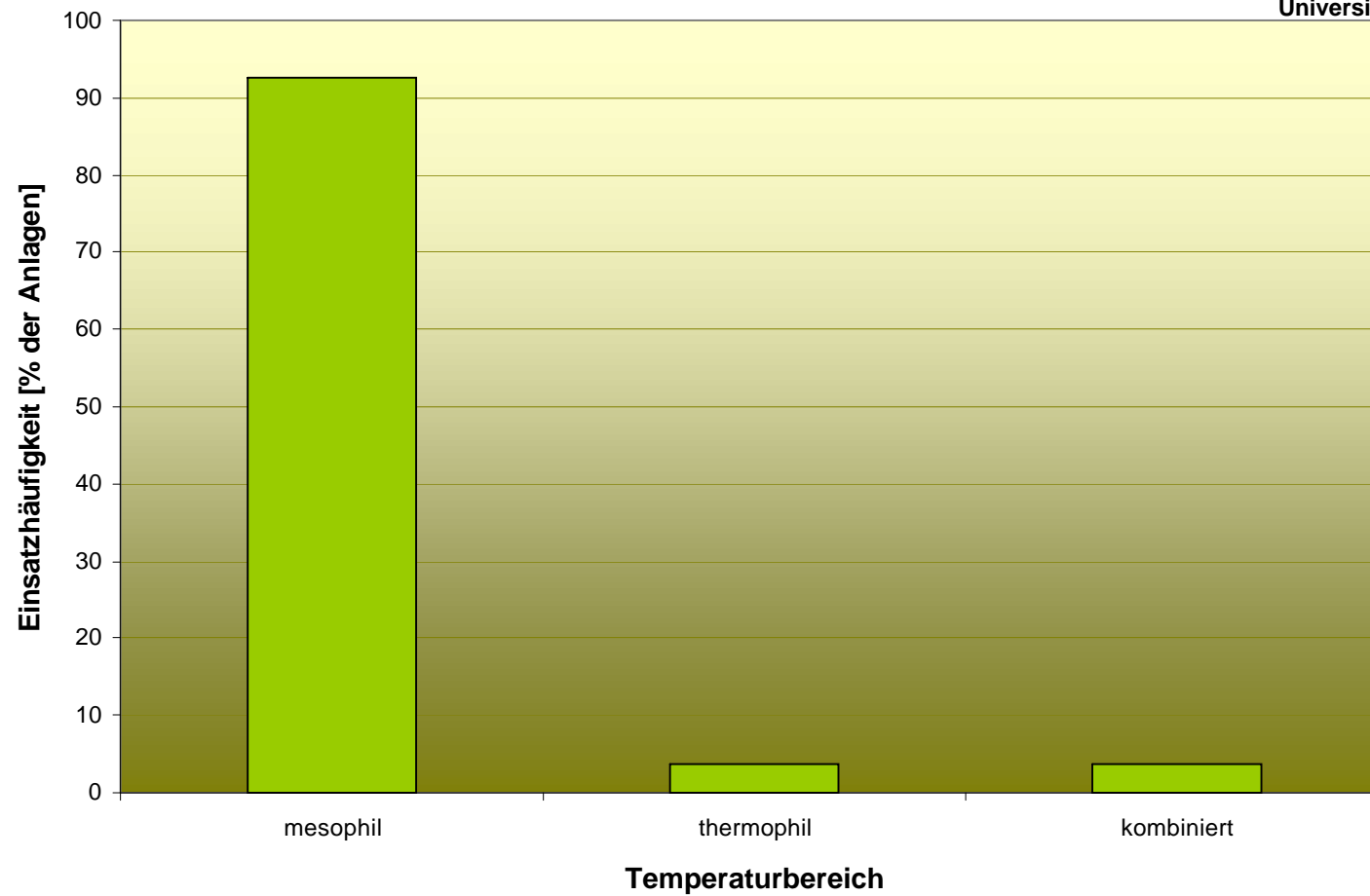
Fermenter mit einem Rührwerk	Fermenter mit zwei Rührwerken	Fermenter mit drei Rührwerken
71,4 % Paddelrührwerk 14,3 % TM-Propeller- rührwerk 14,3 % Langachs- rührwerk	27,0 % zwei TM-Propellerrührwerke 23,0 % Paddel-/ TM-Propellerrührwerk 19,2 % zwei Paddelrührwerke 11,5 % Langachs-/ TM-Propellerrührwerk 7,7 % TM-Propeller-/ Stabpropellerrührwerk 7,7 % Paddel-/ Stabpropellerrührwerk 3,9 % zwei Langachs- rührwerke	33,3 % zwei TM- Pro- pellerrührwerke/ Paddelrührwerk 33,3 % zwei Paddel rührwerke /TM- Propellerrührwerk 33,3 % drei Langachs- rührwerke

bei 47 % der Anlagen werden ein Schnell- und ein Langsamläufer kombiniert

Prozesstemperatur



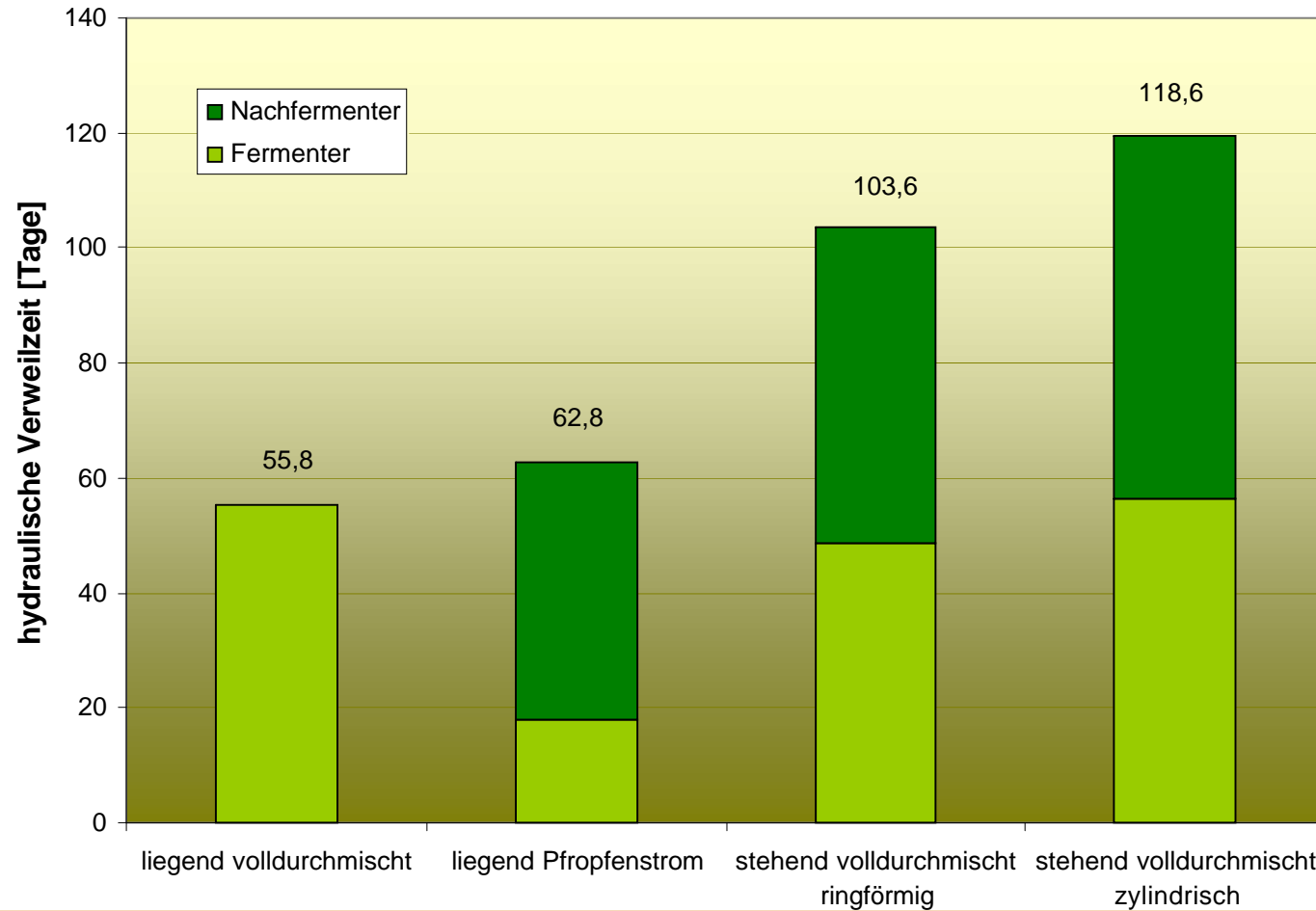
Universität für Bodenkultur



Verweilzeit



Universität für Bodenkultur

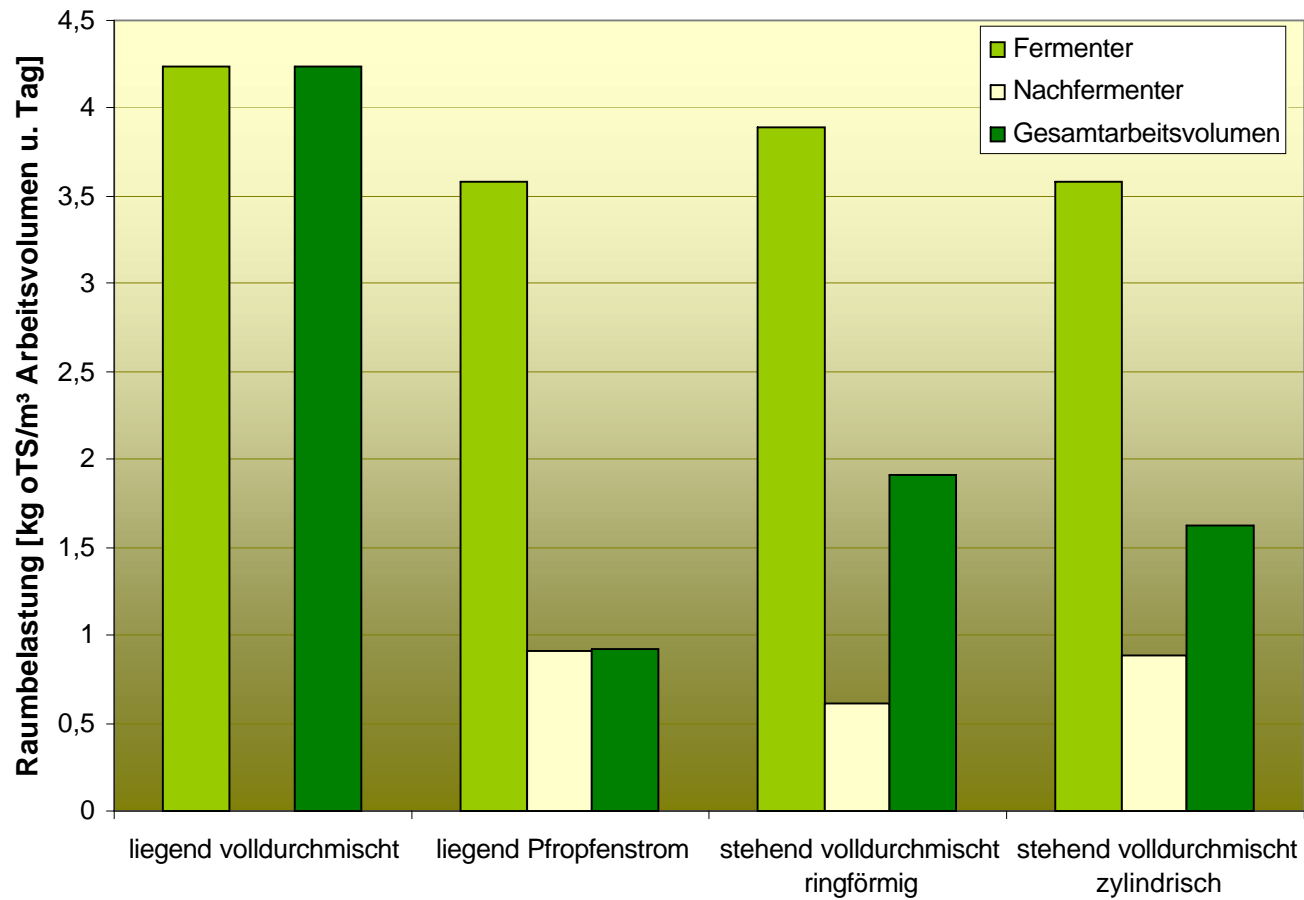


Fermenterbauform

Raumbelastung



Universität für Bodenkultur

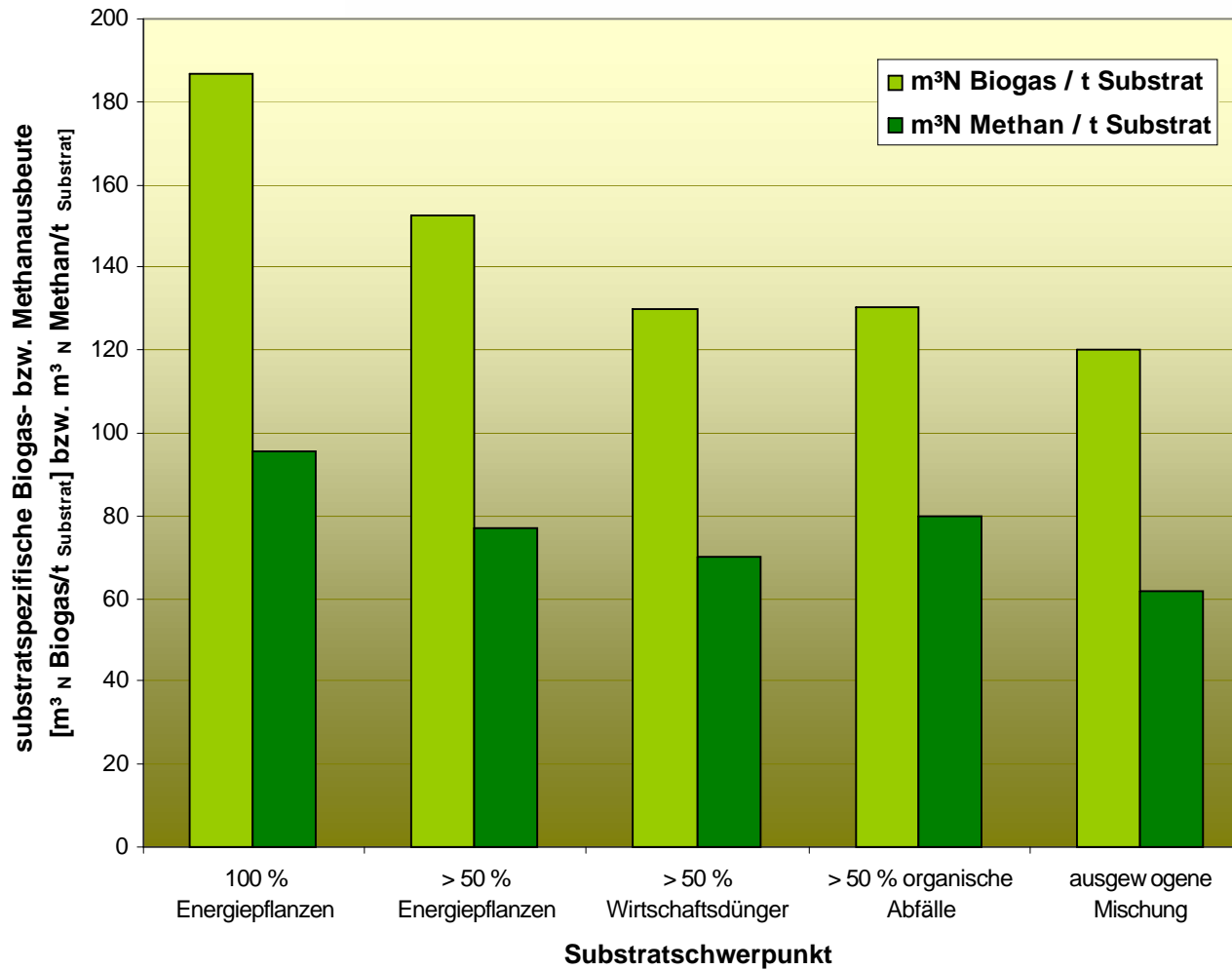


Fermenterbauform

Biogas- und Methanausbeute



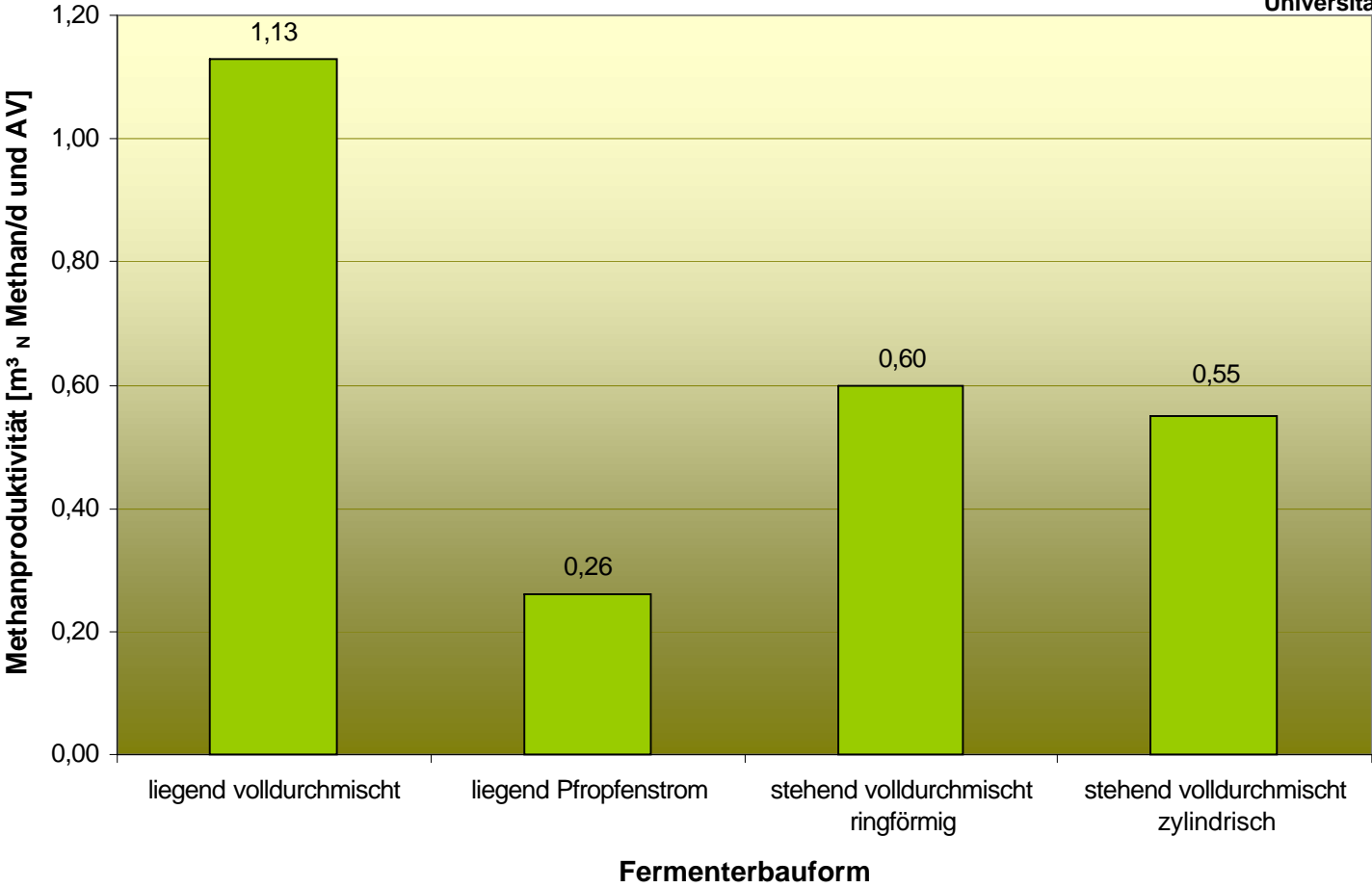
Universität für Bodenkultur



Methanproduktivität



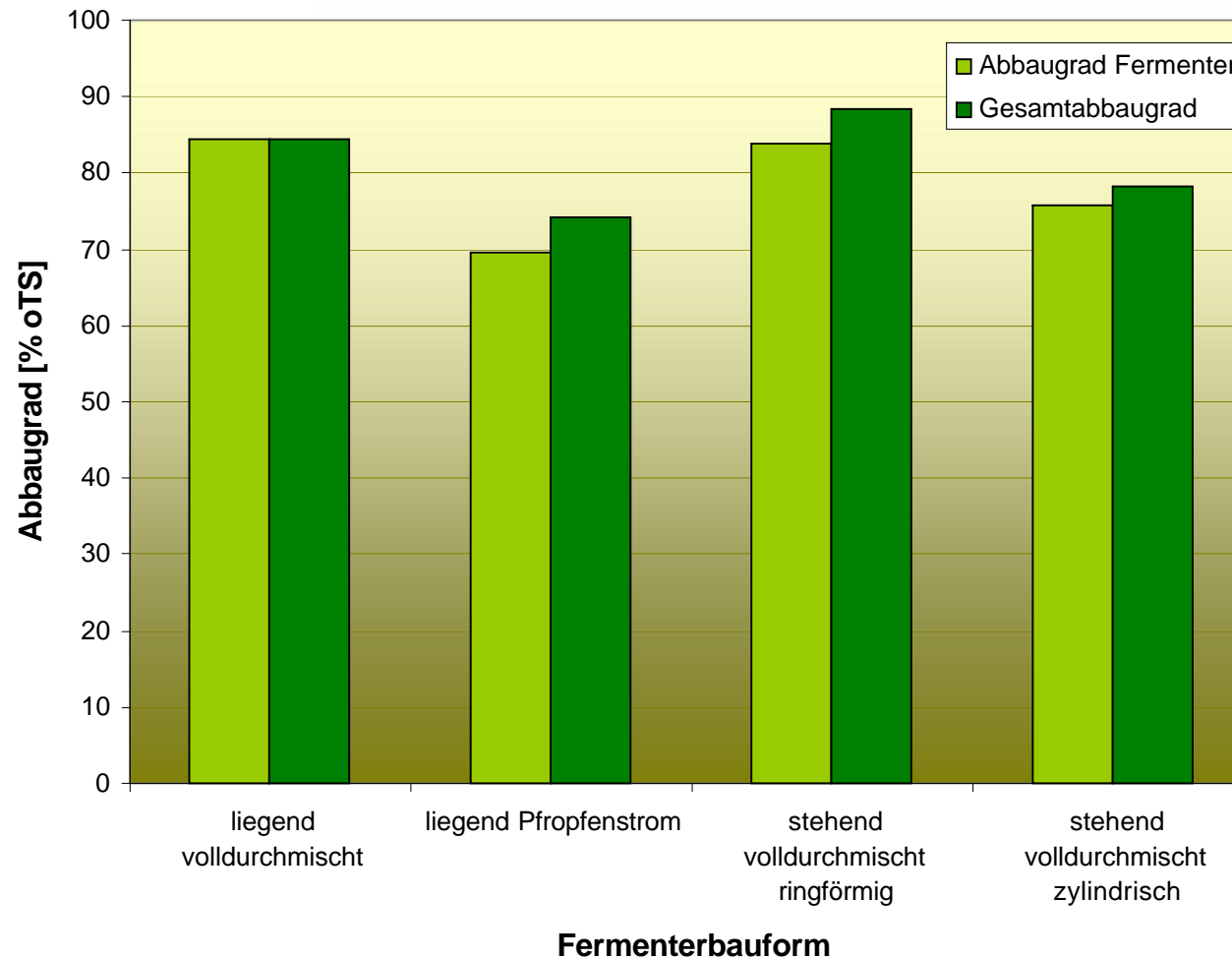
Universität für Bodenkultur



Abbaugrad



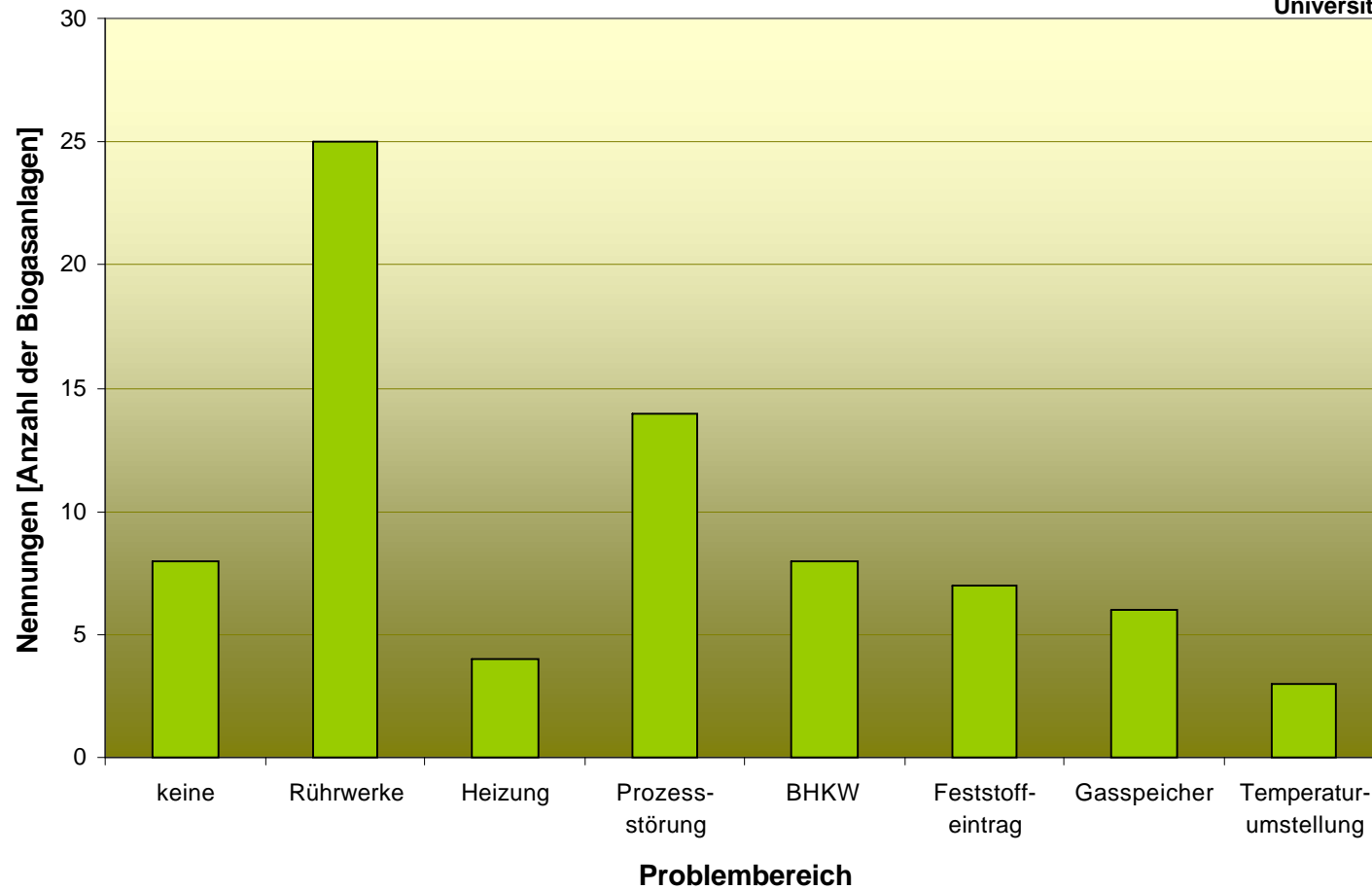
Universität für Bodenkultur



Problembereiche



Universität für Bodenkultur



Mängel und Störungen



Universität für Bodenkultur

Problembereich	Mängel und Störungen
Rührwerke	falsche Dimensionierung und/oder Platzierung, Motor-/Getriebeschäden, Paddelauslegung, undichte hydraulische Leitung, Rührwellenbruch, Probleme mit Bodenverankerung
Prozessstörung im Fermenter	Schaumbildung, Entstehung einer Schwimmdecke durch mangelhafte Durchmischung, ungeeignete Platzierung der Rührwerke, Fütterungsfehler, pH-Wert Absenkung, Betonschäden
BHKW	Zünddefekt, Steuerungsprobleme, Netzschwankungen, durchgebrannter Turbolader, Ladeluftkühler
Feststoffeintrag	Dimensionierung Bunker, Probleme mit Schneckenzubringung (Schneckenbruch, zu schwaches Getriebe), Probleme mit Störstoffen,
Gasspeicher	falsche Dimensionierung, Riss der Membran, zu schwache Mittelstütze
Heizung	undichte Heizungsschläuche
Leitungen	Verstopfung der Gas- oder Substratleitung, Verstopfung Überlauf
Temperaturbereich	Probleme bei Umstellung von mesophilen auf thermophile Prozesstemperatur
Gaszähler	Ausfall

Schlussfolgerungen



Universität für Bodenkultur

- **leistungsstarke Systeme**
 - **hohe Professionalität der Biogasanlagen**
 - **technische Veränderungen durch Energiepflanzeneinsatz**
 - **Optimierungspotential vorhanden**
-
- ➔ **Substrate:** Fruchtfolge, Nutzung Restpflanze „Biorefinery“, Vorbehandlung
 - ➔ **Substrateinbringung:** Zeit-, Gewichtssteuerung, Koppelung mit Durchmischung, Verbesserung Schneckenförderung
 - ➔ **Fermenter:** spezialisierte Systeme, Fermenterdimensionierung,
 - ➔ **Durchmischung:** hohe Störanfälligkeit, Kombination langsam – schnelllaufend, hoher Energiebedarf
 - ➔ **Prozessparameter:** konsequente Überwachung wichtig



Universität für Bodenkultur

Universität für Bodenkultur

Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik

Dr. Katharina Hopfner-Sixt

Univ. Prof. DI. Dr. Thomas Amon
DI Alexander Bauer, DI Vitomir Bodiroza, Dr. Dejan Milovanivic, Dr. Barbara Amon

Gregor Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich
Tel.: +43 1 47654-4416, Fax: +43 1 47654-1005
katharina.hopfner-sixt@boku.ac.at , www.boku.ac.at