

Kombinierte stofflich-energetische Nutzung von Rückständen aus der Forstwirtschaft

- Bengt Verworner, Bereich BK



Spezifische Forschungsziele

**Bewertung der
Ligninabbauleistung und des
Mehrwerts der Vorbehandlung**

**Ermittlung der idealen
Raumbelastung von Co-
Substraten der Region**

Methoden

-Methanpotenzialtests
-Kontinuierliche Gärtests
-Pilzvorbehandlung

Ligninabbau

**Raumbelastung
und organische
Säuren**

**Pilz- und
Energieerträge**

Methoden – Probenahme und Charakterisierung

Proben

Holzbiomasse: Kiefernspäne
(Lagerbereich eines Sägewerks)

Hühnermist: Masthähnchenmist
(Stall eines Bauernhofs)

Klärschlamm: Sekundärschlamm
(sekundäre Behandlung einer Kläranlage)

Inokulum (DBFZ-Inokulum-Reaktor)

Analysierte Parameter

TS, oTS
C, N
Lignin, Zellulose und
Hemizellulose

Proben

Volumen
Zusammensetzung

Gas

$\text{NH}_4^+\text{-N}$
pH
FOS
TAC

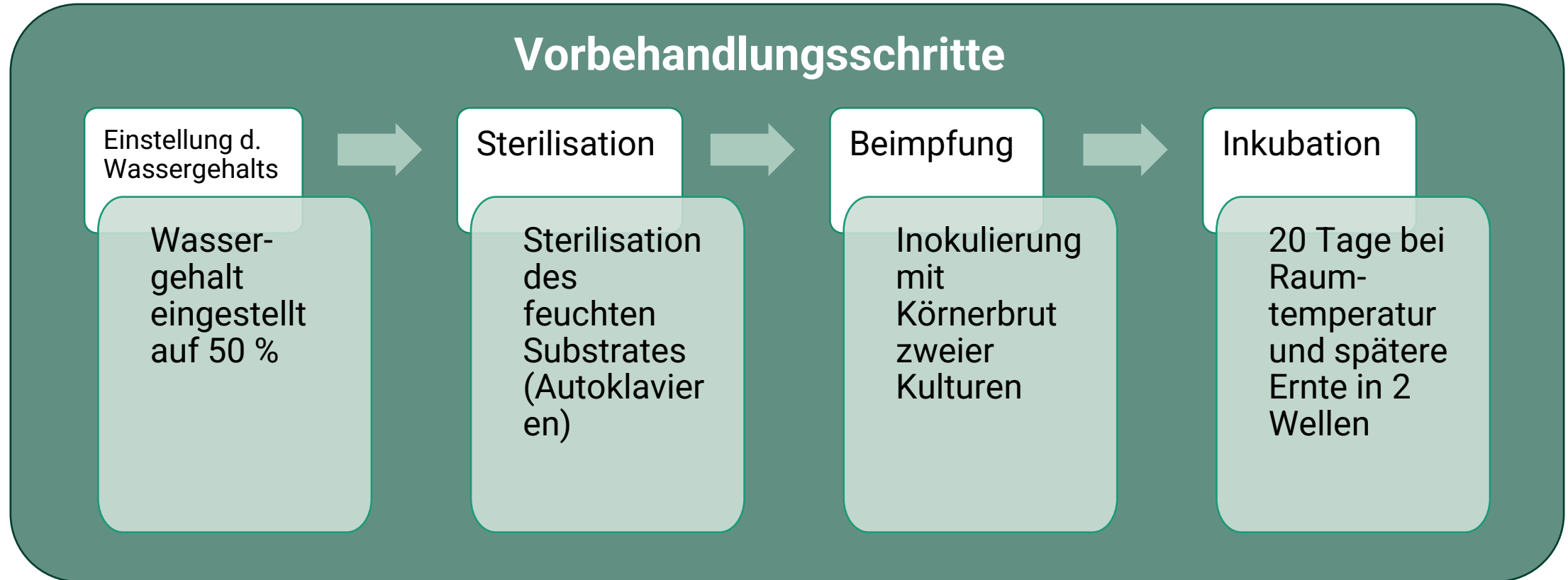
Gärrest

Methoden – Probencharakterisierung

HM: Honey Mushrooms (Hallimasch); KOM: King Oyster Mushroom (Kräuterseitling)

Probenbeschreibung	TS [%FM]	oTS [%TS]	C [%TS]	N [%TS]
Inokulum	3.0	71.0	n.a.	n.a.
Masth�hnermist (HTK)	57.2	86.8	38.8	3.9
Masth�hnermist (HTK)	73.4	84.4	41.5	3.7
Klärschlamm	6.7	70.3	39.1	7.2
Klärschlamm	4.4	70.8	36.9	6.8
Unbehandelte Kiefernsp�ne	88.9	99.1	49.2	0.3
Unbehandelte Kiefernsp�ne	88.9	99.7	51.9	0.2
Unbehandelte Kiefernsp�ne	90.5	99.7	51.2	0.3
Unbehandelte Kiefernsp�ne	91.2	99.7	50.7	0.3
Unbehandelte Kiefernsp�ne	96.4	99.6	52.0	0.3
Kiefernsp�ne mit HM (nach der Fruchtungsphase) – große Säcke	57.2	99.7	49.6	0.5
Kiefernsp�ne mit HM (nach der Fruchtungsphase) – kleine Säcke	55.5	99.5	51.5	0.8
Kiefernsp�ne mit HM (nach der Durchwachsphase)	31.1	99.0	50.2	0.6
Kiefernsp�ne mit HM (nach der Fruchtungsphase)	32.4	97.9	49.8	0.7
Kiefernsp�ne mit KOM (nach der Durchwachsphase)	45.1	97.6	47.5	0.6
Kiefernsp�ne mit KOM (nach der Fruchtungsphase)	54.2	99.9	50.1	0.4

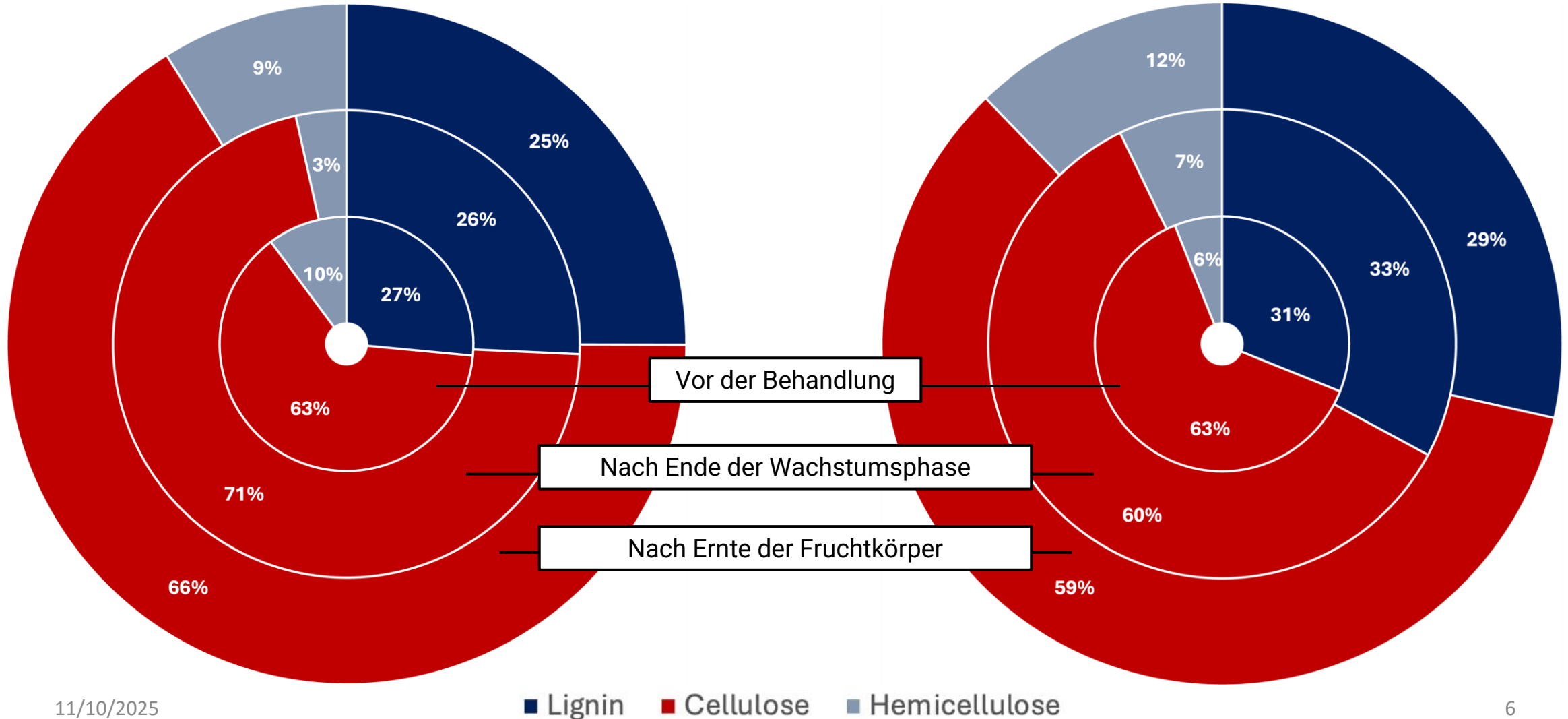
Methoden – Vorbehandlung



Ergebnisse – Auswirkung der Vorbehandlung mit Pilzen auf den Lignocellulosegehalt von Kiefernsp nen

Mit Hallimasch behandelte Kiefernsp ne

Mit Kräuterseitling behandelte Kiefernsp ne



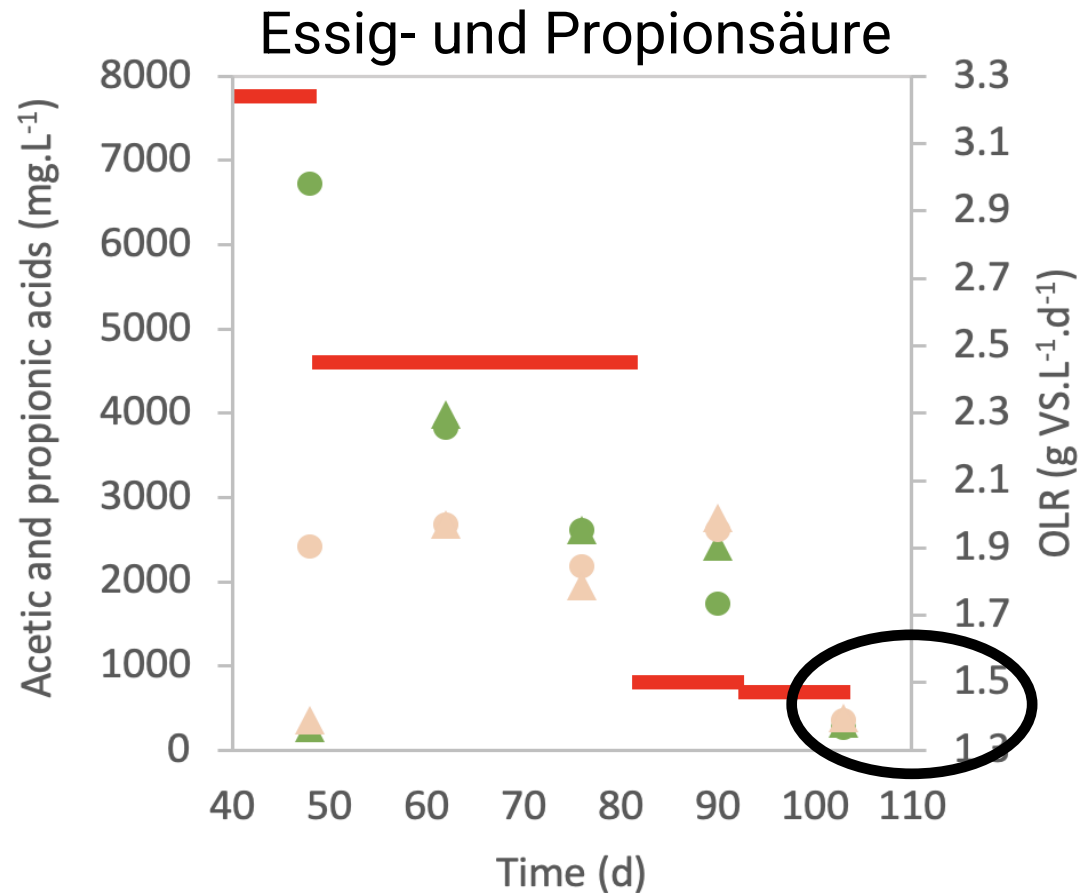
Methoden – Anaerobe Vergärungsverfahren (Richtlinie VDI 4630)

Kontinuierlich (CSTR)

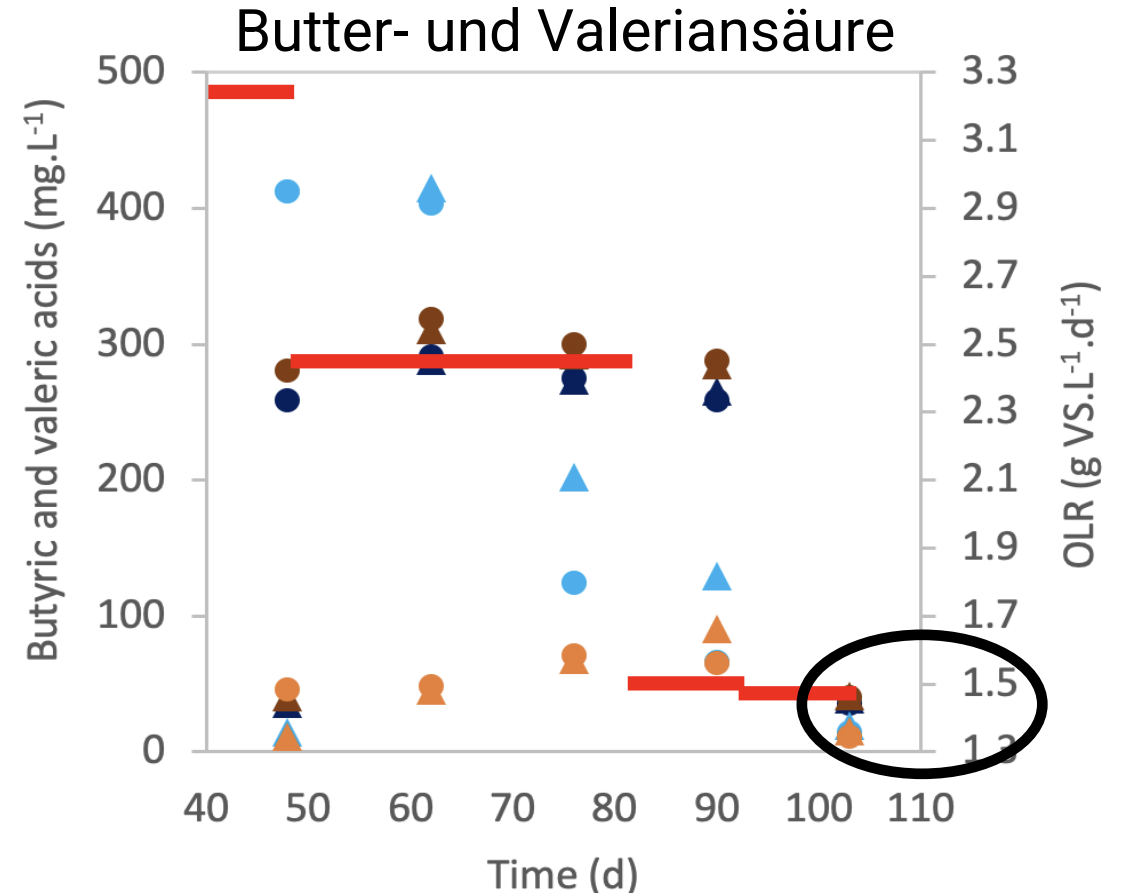
- Volumen: 12 L total, 10 L Arbeitsvolumen
- Fütterung und Probenahme 7 Tage/Woche
- Stetiges R hren (150 rpm)

Experiment-schritte	Dauer [d]	HTK [g oTS/d]	Kiefern-sp�hne [g oTS/d]	Klär-schlamm [g oTS/d]	B _R [g oTS/(L.d)]	C:N
Schritt 1	18	5.8	16.9	1.3	2.4	25.9
Schritt 2	10	7.4	22.9	1.8	3.2	26.6
	21	9.3	21.3	1.9	3.2	24.7
Schritt 3	32	7.1	16.0	1.4	2.4	24.6
Schritt 4	11	3.1	11.1	0.8	1.5	29.5
	10	3.6	10.8	0.6	1.5	29.7

Ergebnisse – flüchtige Fettsäuren und Raumbelastung



- Acetic acid R1
- Propionic acid R1
- OLR
- ▲ Acetic acid R2
- ▲ Propionic acid R2



- i-Butyric acid R1
- ▲ i-Butyric acid R2
- n-Butyric acid R1
- ▲ n-Butyric acid R2
- i-Valeric acid R1
- ▲ i-Valeric acid R2
- n-Valeric acid R1
- ▲ n-Valeric acid R2
- OLR

Methoden – Anaerobe Vergärungsverfahren (Richtlinie VDI 4630)

Kontinuierlich (Energieerträge)

- Volumen: 12 L total, 10 L Arbeitsvolumen
- Fütterung und Probenahme 7 Tage/Woche
- Stetiges R hren (150 rpm)
- Ideale Raumbelastung im 1. Versuch (1.5 goTS.L⁻¹.d⁻¹)

Reaktor	HTK [g oTS/d]	Kiefern- Sp�hne [g oTS/d]	Klär- schlamm [g oTS/d]	C:N	Belegung
R1, R2	3.6	0.6	10.8	33.1	Kiefernsp�hne unbehandelt
R3, R4	3.6	0.6	10.8	28.8	Kiefernsp�hne behandelt mit Hallimasch

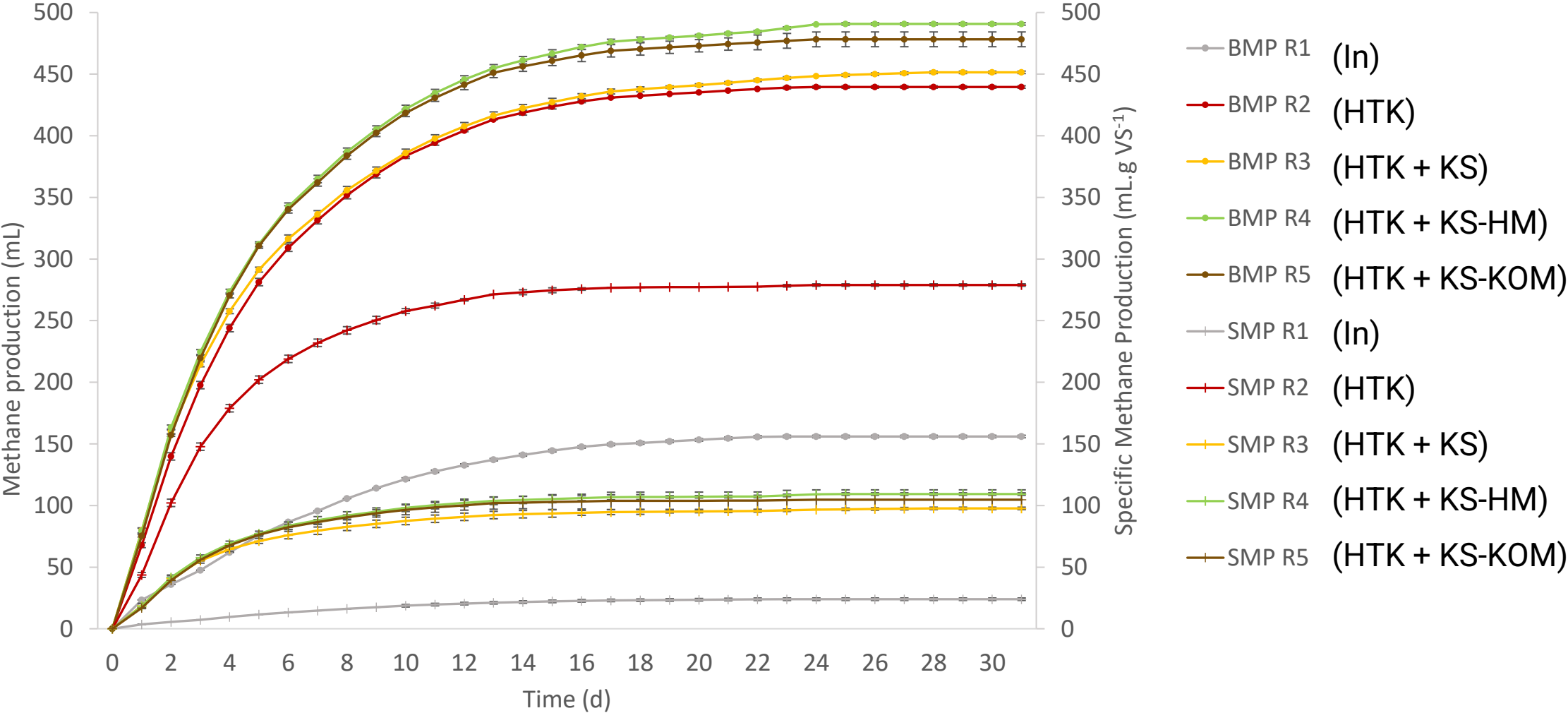
Verfahren – Anaerobe Vergärungsverfahren (Richtlinie VDI 4630)

Batch

- AMPTS II
- 500 mL-Substratvolumen
- Mesophiler Betrieb (39  C)

Reaktor	In [g oTS]	HTK [g oTS]	KS [g oTS]	C:N	Belegung
R1	6.5	-	-	na	Inokulum
R2	6.5	1.0	-	11.2	HTK
R3	6.5	1.0	2.0	30.5	HTK + Kiefernsp�hne (KS) unbehandelt
R4	6.5	1.0	2.0	25.2	HTK + KS behandelt mit Hallimasch
R5	6.5	1.0	2.0	28.8	HTK + KS behandelt mit Kräuterseitling

Ergebnisse – Zeitlicher Verlauf der kumulativen biochemischen Methanproduktion (BMP) und der spezifischen Methanproduktion (SMP)



Wesentliche Ergebnisse

Co-Vergärung N- und C-reicher Substrate führt zu besten Biogasausbeuten ggü. Solo-Vergärung

Limitierung durch Lignin kann durch Weißfäulepilze reduziert werden

Prozessstabilität bei $B_R = 1,5$ goTS/(Ld) am höchsten

Auswirkung auf Hochskalierung ausstehend

Anpassung der Kulturführung nötig

Wirtschaftliche Auswirkungen im Vergleich ersichtlich (LCA):

“From waste to circularity: The potential of different treatments of poultry manure and forestry residues in a hot-spot production region in Portugal”