

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN UND FORMELZEICHEN	IV
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN	VI
VERZEICHNIS DER TABELLEN	VIII
ABSTRAKT	1
1. EINLEITUNG	3
2. GRUNDLAGEN - STAND DES WISSENS UND DER TECHNIK	7
2.1 Co-Fermentation auf abwassertechnischen Anlagen	7
2.2 Energieträger Wasserstoff	8
2.2.1 Konventionelle Wasserstofferzeugung	9
2.2.2 Biologische Wasserstofferzeugung	10
2.2.3 Energetische Nutzung und Speichermöglichkeiten	12
2.3 Biochemie des anaeroben Abbaus organischer Substanzen	15
2.3.1 Milieuanforderungen des anaeroben Abbaus	18
2.3.2 Dunkle Fermentation	19
2.4 Evaluation geeigneter Rahmenbedingungen für die biologische Wasserstoffproduktion	21
2.4.1 Stand der Forschung „dark fermentation“	22
2.4.2 Ansätze und Abschätzungen von Randbedingungen für einen halbertechnischen Betrieb	26
3. MATERIALIEN UND METHODEN	29
3.1 Substrate und Inokula	29
3.1.1 Untersuchte Abfallströme	29
3.1.2 Inokula	31

3.2	Messgrößen und Parameter der Substratanalytik	33
3.2.1	Feststoffanalytik	33
3.2.2	Flüssiganalytik	34
3.2.3	Gasanalytik	35
3.3	Berechnete Parameter zur Auswertung der Versuche	36
3.4	Versuchsanlagen	40
3.4.1	Batchtest	40
3.4.2	Laboranlage	42
3.4.3	Halbtechnische Versuchsanlage	45
3.4.3.1	H ₂ - Reaktor	45
3.4.3.2	CH ₄ – Reaktor	46
4.	ERGEBNISSE DER LABORVERSUCHE	49
4.1	Ermittlung spezifischer Kenngrößen mittels Batchtest	49
4.2	Kontinuierliche Versuche mit Bäckereiabfällen	53
4.3	Kontinuierliche Versuche mit CSB-haltigem Abwasser aus der Süßwarenindustrie	57
4.3.1	Wasserstoffproduktion	57
4.3.2	Methanproduktion	59
4.4	Evaluation prozesstechnischer Parameter für den halbtechnischen Betrieb	62
4.4.1	Auswirkungen des Substrateintrags	62
4.4.2	Inbetriebnahmebedingungen	65
4.4.2.1	Belastungsversuch Reaktor 1	67
4.4.2.2	Belastungsversuch Reaktor 2	69
4.4.2.3	Belastungsversuch Reaktor 3	70
5.	ERGEBNISSE DER HALBTECHNISCHEN VERSUCHE	73
5.1	Überführung der Betriebsbedingungen aus den labortechnischen Versuchen	73
5.2	Einfluss der Betriebsbedingungen auf den biologischen Prozess	74
5.2.1	Organische Raumbelastung und hydraulische Verweilzeit	74
5.2.2	pH-Wert und organische Säuren	80
5.2.3	Prozesstemperatur	83
5.2.4	Summenparameter DOC und CSB	87

5.2.5	Vergleich der Wasserstoffproduktion	88
5.2.6	Bewertung der Maßstabsvergrößerung	91
5.3	Auswirkungen der Co-Substratzugabe auf den methanbildenden Prozess	92
5.3.1	Stabilität des biologischen Prozesses	93
5.3.2	Einfluss der Co-Substratzugabe auf die Gasbildung	94
5.4	Energetische Betrachtung des kombinierten Verfahrens	95
6.	ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG UND AUSBLICK	97
7.	LITERATURVERZEICHNIS	101
ANHANG		113