

## Inhaltsverzeichnis

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

<b>3.2 Messgrößen und Parameter der Substratanalytik</b>	<b>33</b>
3.2.1 Feststoffanalytik	33
3.2.2 Flüssiganalytik	34
3.2.3 Gasanalytik	35
<b>3.3 Berechnete Parameter zur Auswertung der Versuche</b>	<b>36</b>
<b>3.4 Versuchsanlagen</b>	<b>40</b>
3.4.1 Batchtest	40
3.4.2 Laboranlage	42
3.4.3 Halbtechnische Versuchsanlage	45
3.4.3.1 H <sub>2</sub> - Reaktor	45
3.4.3.2 CH <sub>4</sub> – Reaktor	46
<b>4. ERGEBNISSE DER LABORVERSUCHE</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Ermittlung spezifischer Kenngrößen mittels Batchtest</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Kontinuierliche Versuche mit Bäckereiabfällen</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Kontinuierliche Versuche mit CSB-haltigem Abwasser aus der Süßwarenindustrie</b>	<b>57</b>
4.3.1 Wasserstoffproduktion	57
4.3.2 Methanproduktion	59
<b>4.4 Evaluation prozesstechnischer Parameter für den halbtechnischen Betrieb</b>	<b>62</b>
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
<b>5. ERGEBNISSE DER HALBTECHNISCHEN VERSUCHE</b>	<b>73</b>
<b>5.1 Überführung der Betriebsbedingungen aus den labortechnischen Versuchen</b>	<b>73</b>
<b>5.2 Einfluss der Betriebsbedingungen auf den biologischen Prozess</b>	<b>74</b>
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
<b>5.3 Auswirkungen der Co-Substratzugabe auf den methanbildenden Prozess</b>	<b>92</b>
5.3.1 Stabilität des biologischen Prozesses	93
5.3.2 Einfluss der Co-Substratzugabe auf die Gasbildung	94
<b>5.4 Energetische Betrachtung des kombinierten Verfahrens</b>	<b>95</b>
<b>6. ZUSAMMENFASENDE BETRACHTUNG UND AUSBLICK</b>	<b>97</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>101</b>
<b>ANHANG</b>	<b>113</b>