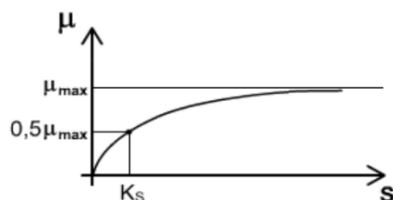
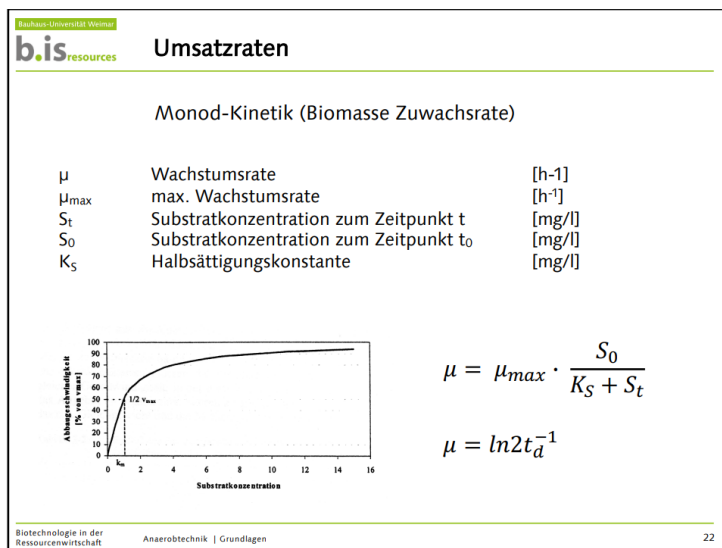


BHKW/ Verstromung

Das produzierte Biogas wird in Deutschland zu großen Teilen direkt am Entstehungsort verstromt. Die Stromerzeugung beruht auf dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Bei der KWK wird die Energie gleichzeitig in mechanische bzw. elektrische und nutzbare Wärme umgewandelt. Zur Verstromung vor Ort werden in der Regel Blockheizkraftwerke (BHKW) verwendet. Diese bestehen aus Verbrennungsmotor und Generator. Der Motor wird mit Biogas betrieben, welcher den Generator antreibt und somit Strom erzeugt wird. Für die Verstromung von Biogas werden insbesondere Gas-Otto-Motoren und Zündstrahlmotoren eingesetzt. Die parallel zur Stromerzeugung produzierte Wärme wird zur Beheizung vor Ort genutzt oder in die zu versorgenden Objekte bzw. ins Nahwärmenetz eingespeist.

Monod-Kinetik

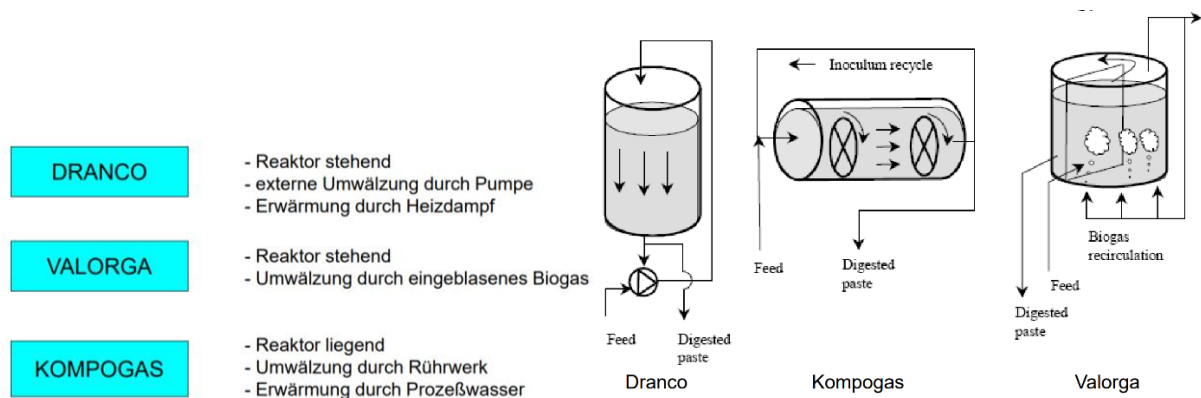


Lag	$\mu = 0$	abfallend	$\mu < \mu_{\max}$
beschleunigend	$\mu < \mu_{\max}$	stationär	$\mu = 0$
exponentiell	$\mu = \mu_{\max}$	Tod	$\mu < 0$

Die Wachstums- oder Monodkinetik gibt den empirischen Zusammenhang zwischen Biomassezuwachs pro Zeit (Wachstumsrate) und der Substratkonzentration an. Die Wachstumsrate steigt mit der Zunahme der Substratkonzentration. Bei zunehmender Verdünnungsrate infolge erhöhter Substratzugabe reagieren die Bakterien mit zunehmender Stoffwechselaktivität, was einen zunehmenden Substratverbrauch zur Folge hat. Die Zunahme des Substratverbrauches erfolgt aber mit einer kleinen zeitlichen Verzögerung, so dass es zu einer Erhöhung der Wachstumsrate kommt.

Beim bakteriellen Substratabbau handelt es sich um eine enzymkatalysierte Reaktion, die einer Sättigungskinetik folgt. Daraus folgt, dass die Wachstumsrate nach dem Erreichen der maximalen Wachstumsrate bei weiterer Substratzugabe nicht mehr weiter steigt. Wird die maximale Wachstumsrate erreicht und es erfolgt eine weitere Erhöhung der Substratzugabe (Verdünnung), so bricht das

Gleichgewicht am Auswaschpunkt zusammen, da die Auswaschrage nicht mehr durch steigenden Bakterienenertrag kompensiert werden kann. Insbesondere die Veränderung der Trockensubstanz, die mit der Veränderung der Bakteriendichte einhergeht, ist zu berücksichtigen. Ist die Wachstumsrate klein, muss auch die Verdünnungsrate entsprechend klein sein, um das Gleichgewicht konstant zu halten und die Bakterien nicht aus der Lösung zu schwemmen.



Das **VALORGA-Verfahren** weist in der Aufbereitung der Abfälle Ähnlichkeiten mit dem DRANCO-Verfahren auf. Die Abfälle werden zunächst zerkleinert, auf eine Korngröße < 40mm abgesiebt und die Feinfraktion dem Reaktor nach Anmischung auf TS-Gehalte von 25 bis 35% mit einer Feststoffpumpe in den Reaktor gefördert. Die Erwärmung des Gärsubstrates erfolgt sowohl durch die Erwärmung des Prozesswassers für die Anmischung als auch durch Zudosierung von Sattedampf in den Reaktor. Ausgeführt sind die Reaktoren als stehende zylindrische Betonbehälter. Eine Besonderheit des Reaktors stellt die Mittelwand im Reaktor dar, die über etwa 2/3 des Reaktordurchmessers verläuft. Sie trennt den Ein- und Austrittsbereich des Gärmaterials, wodurch Kurzschlussströmungen vermieden werden sollen. Das Gärmaterial wird somit zu einer horizontalen kreisförmigen Förderrichtung gezwungen, sodass das System als Pfropfenstromverfahren angesehen werden kann. Die Durchmischung des Reaktorinhaltes erfolgt ohne mechanische Einbauten durch ein pneumatisches System. Periodisch wird Biogas im Kreislauf unter einem Druck von bis zu ca. 10 bar über Düsen am Reaktorboden vertikal eingepresst und auf diese Weise eine effektive Durchmischung angestrebt. Die Betriebsweise erfolgt wahlweise mesophil oder thermophil, mit hydraulischen Verweilzeiten zwischen etwa 14 und 28 Tagen. Ohne den Einsatz mechanischer Fördereinrichtungen werden die Gärreststoffe mittels Schwerkraft ausgetragen. Die Entwässerung ist zweistufig und besteht zumeist aus Siebschnecken- und Bandfilterpresse. Bei Bedarf wird eine Abscheidung feiner Inertstoffe aus dem Prozesswasser durch Hydrozyklone (Sandabscheidung) und Zentrifugen durchgeführt.

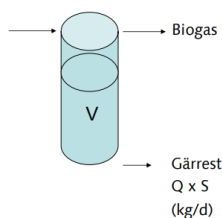
Bei dem **DRANCO-Verfahren** (Organic Waste Systems – OWS) wird zur Aufbereitung von Bioabfällen zunächst eine manuelle Störstoffabtrennung vorgenommen. Anschließend erfolgt eine Zerkleinerung und Siebung auf Korngrößen < 40mm. Vor der Vergärungsstufe kann eine Kugelmühle platziert sein, mit der die zu vergärenden Restabfälle aufbereitet werden. Der Siebunterlauf gelangt nach einer Festscheidung in eine Dosiereinheit, mit deren Hilfe Anlieferungsschwankungen aufgefangen werden. Eine gezielte aerobe Hydrolyse findet nicht statt. In einem Mischer wird das Material auf einen Trockensubstanzgehalt von ca. 25–35% angemaischt und mit Hilfe einer Kolbenpumpe mit Vorpresseinrichtung in den Reaktor eingetragen. Die Vergärung wird ausschließlich im thermophilen Temperaturbereich betrieben, wobei die Erwärmung des Materials durch die Zugabe von Sattedampf erfolgt. Die Reaktoren werden als stehende zylindrische Behälter in Betonbauweise erstellt. Die Entnahme des Materials erfolgt am konisch ausgeführten Boden des Reaktors, während die angemaischten Abfälle und das rezirkulierte Material am Reaktorkopf zugeführt werden, sodass das Material den Reaktor nach unten

durchströmt. Die hydraulische Verweilzeit beträgt etwa 20–30 Tage. Durch den großen Umwälzstrom bei dem Substrateintrag wird der Reaktorinhalt innerhalb zweier Arbeitstage umgewälzt, es liegt somit eine quasi-volldurchmischte Betriebsweise vor. Die Entwässerung des Gärrestes erfolgt mittels Siebschneckenpressen unter Zugabe von Flockungshilfsmitteln.

Bioabfälle werden bei dem **KOMPOGAS-Verfahren** vorzerkleinert bzw. auf Korngrößen $< \text{ca. } 80 \text{ mm}$ gesiebt, einer Fe-Scheidung unterzogen und in einer zweiten Zerkleinerungsstufe mit einer Schneidscheibenmühle auf eine Korngrößen $< 40 \text{ mm}$ konfektioniert und in einem Zwischenbunker gespeichert, wie in dargestellt. Die Speicherkapazität ist auf einen Zeitraum von ca. 3 Tagen ausgelegt und ermöglicht eine kontinuierliche Beschickung der Vergärung auch über das Wochenende. Eine gezielte aerobe Hydrolyse wird nicht vorgenommen. Die aufbereiteten Bioabfälle werden mit Prozesswasser auf einen Trockensubstanzgehalt zwischen ca. 25 und 30% angemaischt und mittels Feststoffpumpen quasi-kontinuierlich in den Reaktor eingetragen. Der liegende Reaktor arbeitet nach dem Pfropfenstromprinzip. Die anaerobe Behandlung des Substrates erfolgt ausschließlich bei thermophilen Temperaturen zwischen ca. 50 und 55°C . Der Reaktorzulauf wird in Doppelrohr-Wärmeübertragern erwärmt, während die Abstrahlungsverluste über eine Reaktorbeheizung ausgeglichen werden. Die Verweilzeit im Reaktor beträgt etwa 15–20 Tage. Der Reaktorablauf wird teilweise zur Animpfung des Inputmaterials mit aktiver Biomasse rückgeführt. Das überschüssige Material wird in einer zweistufigen Entwässerung mittels Siebschneckenpresse und Dekanter behandelt und der Dekanterablauf teilweise zur Anmischung der Abfälle genutzt. Die weitergehende Aufreinigung des Prozesswassers erfolgt in der Regel unter Zuhilfenahme von Flockungshilfsmitteln, wodurch der Trockensubstanzgehalt des Wassers auf unter 2% reduziert wird.

b.is resources Rührkessel (CSTR – Continuous Stirred Tank Reactor)

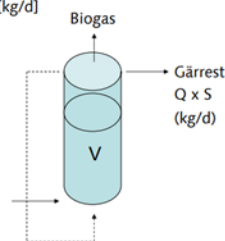
Substratzufuhr $Q \times S_0$
[kg/d]



Optimum:
stationärer Zustand (steady state),
d.h. Substrat- und Bakterien-
konzentration konst.

b.is resources UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Substratzufuhr $Q \times S_0 + \text{Rezirkulation}$
[kg/d]



Mindestzufuhr, Optimum:
stationärer Zustand (steady state),
d.h. Substrat- und Bakterien-
konzentration konst.