

METHANISIERUNG VON INDUSTRIELLEN ABWÄSSERN

WEIL VIEL ENERGIE DRIN STECKT



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

INHALTSVERZEICHNIS

IN ABWÄSSERN STECKT EIN HOHES ENERGIEPOTENZIAL	5
ANAEROBE VERGÄRUNG ALS OPTIMALE LÖSUNG DER ABWASSERVORBEHANDLUNG	6
DIE ANAEROBSYSTEME	7
SUBSTRATE, POTENZIALE UND TECHNISCHE GRENZEN	10
ENERGETISCHER GEWINN	12
WIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	14
VORGEHEN BEI DER PLANUNG	16
FALLBEISPIELE	18
LINKS	26
WEITERE INFORMATIONEN	28



Abbildung 1: Vorreinigung von Abwasser einer Zuckerfabrik (Foto: Zuckerfabrik Frauenfeld)

IN ABWÄSSERN STECKT EIN GROSSES ENERGIEPOTENZIAL

Industrieabwässer, insbesondere aus der Lebensmittelindustrie sowie zum Teil aus der chemischen Industrie, sind reich an mikrobiell leicht abbaubaren organischen Stoffen. Die anaerobe Vergärung bietet eine hervorragende Möglichkeit, diese organische Belastung abzubauen und ein hochwertiges, erneuerbares Gas zu produzieren. Dieses Biogas kann unmittelbar zur Erzeugung von Prozessenergie genutzt werden, sei es für Dampf, Wärme und Strom oder Treibstoff.

Eine 2016 von EnergieSchweiz in Auftrag gegebene Studie¹ hat errechnet, dass in der Schweiz ein Potenzial von 660 GWh Biogas aus Industrieabwässern vorhanden ist. Davon werden heute tatsächlich erst 74 GWh in total 23 Anlagen genutzt, das heisst nur rund 11 Prozent des Potenzials. In der EU wird die anaerobe Behandlung von Abwasser in Lebensmittelverarbeitenden Betrieben vor allem in Frankreich und Deutschland flächendeckend angewendet.²

Die Broschüre soll insbesondere das Management sowie Umweltverantwortliche von industriellen Betrieben dazu motivieren, die Vorbehandlung von organisch belasteten Abwässern mittels anaerober Behandlung vertieft zu studieren. Anhand von Beispielen ganz verschiedener Industriebetriebe wird aufgezeigt, dass die mit unterschiedlichen Anlagentypen behandelten Abwässer zum nachhaltigen Erfolg (ökonomisch, ökologisch und sozial) führen. Lebensmittel-, Chemie- und Papierindustrie sind wichtige Industriezweige der Schweiz und können mit ihrer Grösse ein gewichtiges Zeichen zur Substitution fossiler Prozessenergie durch die Nutzung von CO₂-neutraler Energie setzen. Und dabei können sie erst noch Geld sparen.

Die Vorteile auf einen Blick

Industrieabwasser, das durch organische Stoffe stark verunreinigt ist, wird in der Regel vorbehandelt, um die Belastung der kommunalen Abwasserreinigungsanlage und die damit verbundenen Reinigungskosten zu reduzieren. Die häufigste Methode ist die Belüftung, das heisst eine aerobe biologische Behandlung. Diese ist zwar effizient, aber sehr energieintensiv.

Die anaerobe Behandlung, bzw. die Vergärung zu Biogas, ist eine wertvolle Alternative mit zahlreichen Vorteilen:

- Biogas ist eine erneuerbare Energie und kann im Betrieb direkt Strom und Wärme ersetzen.
- Die Vergärung hat einen sehr geringen Prozessenergiebedarf.
- Während des Vergärungsprozesses wird mehr Energie produziert als verbraucht – im Gegensatz zur Belüftung.
- Biogas kann im Produktionsprozess genutzt werden und ersetzt damit fossile Energie.
- Erneuerbare Energie reduziert die CO₂-Emissionen. Die Reduktion kann zum Beispiel in Betrieben mit einer Zielvereinbarung mit dem Bund angerechnet werden.
- Wer statt der Belüftung die Vergärung wählt, verbessert die Wirtschaftlichkeit seines Betriebs.
- Es entsteht weniger Schlamm, den die Betriebe teuer entsorgen müssen.
- Die Ökobilanz ist hervorragend dank der Nutzung bestehender Ressourcen (Abwässer).
- Der Platzbedarf ist bei den grossen Abwassermengen geringer als bei der Belüftung.

¹ Rapport «Méthanisation des eaux usées industrielles en Suisse»; décembre 2016. Biomasse Suisse; www.infothek-biomasse.ch/images//300_2016_EnergieSchweiz_RapportMethanisation.pdf

² Wellinger A., Jareš J., Pesta G.: Biogasproduktion in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie. FABbiogas, Brüssel; Februar 2015 www.fabbiogas.eu/fileadmin/user_upload/fabhandbook_deutsch_5.pdf

ANAEROBE VERGÄRUNG ALS OPTIMALE LÖSUNG DER ABWASSERVORBEHANDLUNG

Die meisten organischen Verbindungen im Abwasser der Lebensmittelindustrie liegen in gelöster Form vor und sind daher schnell und bis zu 95 Prozent biologisch abbaubar. Die Konzentrationen der gelösten organischen Stoffe im Abwasser (gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf, CSB) betragen meist zwischen 1000 und 20'000 mg/l.³ Die steigenden Abwasservolumina in prosperierenden Betrieben zusammen mit der organischen Belastung bewirken oft eine Überlastung der kommunalen Kläranlagen (ARA), welche dann für teures Geld ausgebaut werden müssen. Die steigenden Investitionen führen auch zu einer hohen finanziellen Belastung des Industriebetriebs. Die Evaluation einer Vorreinigung des Abwassers drängt sich damit allein aus ökonomischen Überlegungen auf.

AEROBE VERSUS ANAEROBE VORREINIGUNG

Die herkömmliche aerobe Vorreinigung industrieller Abwässer geschieht durch das Einblasen von Luft oder Sauerstoff. Dies erfordert hohe Energieeinträge in Form von Strom im Vergleich zur anaeroben Vergärung, bei der Biogas unter Ausschluss von Luft mit sehr geringem Energieeintrag (Prozessenergie) produziert wird. Aerobe Systeme haben den Vorteil, dass sie auch stark verdünnte Abwässer optimal abbauen. Sie werden daher hauptsächlich für Abwässer mit geringer Belastung eingesetzt. Im Gegensatz dazu werden Abwässer mit höherer Belastung (Faustregel: ab 2000 mg CSB/l) mit anaeroben Systemen vorbehandelt. Das vorgereinigte Abwasser wird in die Kanalisation eingeleitet und in der ARA abschliessend gereinigt. Häufig wird zur weiteren Aufbereitung nach der anaeroben Vorbehandlung eine aerobe Behandlung nachgeschaltet (ein sogenannter «polishing step»), um die Kosten in der nachgeschalteten ARA weiter zu senken und – wo nötig – Geruchsentwicklungen in der Kanalisation zu vermeiden.

Energetische Betrachtung

Aus energetischer Sicht bestehen fundamentale Unterschiede zwischen aeroben und anaeroben Systemen. Aerobe Systeme müssen intensiv belüftet werden, damit jederzeit eine Sauerstoffkonzentration von mindestens 1,5 mg O₂/l vorhanden ist. Für die Belüftung muss eine relativ hohe elektrische Energiemenge für die Produktion von Sauerstoff aufgewendet werden (0,5 bis 1 kWh/kg O₂). Aus energetischer Sicht ist die anaerobe Vergärung klar zu bevorzugen, weil die Prozessenergie gering ist und mit dem produzierten Biogas Nettoenergie erzeugt werden kann. In Industrieprozessen fällt das Abwasser fast immer auf hohem Temperaturniveau an (mehr als 25 °C) und kann ohne Aufwärmung vergärt werden.

³ PACER 1993. Vergärung von häuslichen Abfällen und Industrieabwässern. BfK 724.230 d

DIE ANAEROBSYSTEME

Die Behandlungszeit von industriellen Abwässern ist mit 12 bis 24 Stunden sehr gering, da die gelösten Stoffe schnell abgebaut werden können. Weil die anaeroben Mikroorganismen aber relativ langsam wachsen, besteht die Gefahr, dass sie mit dem Abwasserfluss ausgewaschen werden und der Abbauprozess zum Erliegen kommt. Um dem entgegenzuwirken, wurden ausgeklügelte Prozesse entwickelt, um die hydraulische Verweilzeit des Abwassers vom mikrobiellen Wachstum zu entkoppeln.

- **Kontaktprozess:** Ein bereits seit längerem angewandtes Verfahren ist die Rezirkulation von bakteriellem Schlamm. Dabei wird in einem konventionellen, kontinuierlich gerührten Fermenter Biogas produziert, wobei ein Teil des Schlamms mit dem gereinigten Abwasser ausgetragen und in einem Nachklärbecken abgeschieden wird. Diese Biomasse setzt sich am Boden des Nachklärbeckens ab und wird in den Fermenter rückgeführt (Abbildung 1, 2 und 4). Anaerobe Kontaktprozesse sind bei hohem Feststoffgehalt besonders effizient. Dieses Design wird oft in der Verarbeitung von Abwässern der Getränkeindustrie benutzt (wie zum Beispiel bei Fruchtsäften) oder in der Gemüseverarbeitenden Industrie.

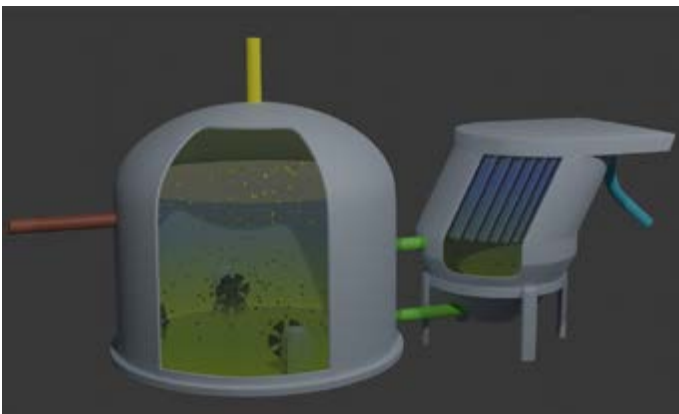


Abbildung 2: Kontaktverfahren mit kontinuierlich gerührtem Fermenter und nachfolgendem Schlammscheider mit Rückführung

- **Anaerobfilter:** Fast zeitgleich mit den Kontaktsystemen wurden andere Verfahren entwickelt, um die aktive Biomasse zurückzuhalten. Die sogenannten Anaerobfilter (auch Festbetteaktoren genannt; Abbildung 3 und 5) nutzen den Vorteil, dass Mikroorganismen sich gerne an Oberflächen ansiedeln. Sie haften an porösen, inerten Körpern wie Steinen, Schaumglas, Plastikteilen oder nicht glasiertem Porzellan. Am häufigsten kommen verschieden geformte Plastikteile zum Einsatz. In diesem Fall haften die Mikroorganismen nur wenig an den Oberflächen an, sondern werden in den Filterkörpern und deren Hohlräumen zurückgehalten, wenn das Abwasser den Fermenter von unten nach oben durchströmt. Anaerobe Filter (so genannt, weil die Mikroorganismen zurückgehalten werden wie in einem Filter) können hohe Stossbelastungen aushalten, weshalb sie sowohl für die Behandlung von stark belasteten als auch von verdünnten Abwässern geeignet sind. Dieses darf aber keine Feststoffe enthalten, damit es nicht zu Verstopfungen kommt.



Abbildung 3: Anaerobfilter mit Plastikkörpern, welche die Mikroorganismen zurückhalten



Abbildung 4: Kontaktverfahren zur Vergärung von Brauereiabwässern (Hauptfermenter hinten; Fermenter mit Schlammabscheider vorne) (Foto: BOKU, Wien)

Abbildung 5: Aufbereitung von Abwasser aus der Babynahrungsproduktion in einem Anaerobfilter (Foto: Triple E&M)



- **Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB):** Die sogenannten UASB-Reaktoren sind eine weitere Reaktorart, um die Bakterien zurückzuhalten (siehe Abbildung 6). Dabei nutzt man die Fähigkeit der anaeroben Mikroorganismen, sich zu Klümpchen bis zu 3 mm zusammenzufügen, dem sogenannten Granulat. Diese Granulate haben eine deutlich höhere Dichte als einzelne Bakterien oder Archaea (so nennt man die methanbildenden Mikroorganismen) und können daher leichter zurückgehalten werden. Der Einlass des Abwassers ist am Boden des Reaktors und durchläuft langsam eine Schlammdecke, welche aus biologisch geformtem Granulat besteht. Der UASB ist für die Behandlung von fast allen industriellen Abwässern geeignet. Es ist daher das meistverbreitete System. Während das produzierte Biogas und das gereinigte Abwasser den Fermenter verlassen, werden die Granulate von Abscheidern zurückgehalten und setzen sich wieder in der Schlammdecke ab.

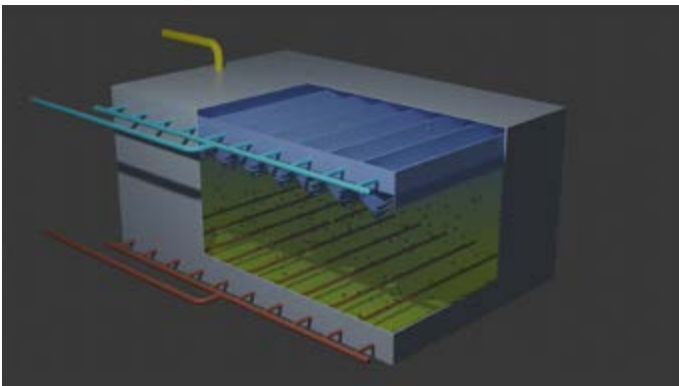


Abbildung 6: UASB-Fermenter. Die kleinen Granulate formen ein sogenanntes Schlammbett, das von den oben gelegenen Abscheidern zurückgehalten wird

- **Expanded Granular Sludge Bed (EGSB) / EGSB IC:** Vor einigen Jahren wurde ein neuer Typus des UASB-Reaktors unter dem Namen Expanded Granular Sludge Bed vorgestellt. Es handelt sich hierbei um ein zweistufiges Abscheidesystem mit interner oder externer Rezirkulation (Abbildung 7 und Titelblatt). Er wurde speziell für konzentrierte, leicht abbaubare Abwässer entwickelt (wie sie bei der Milchverarbeitung anfallen), bei welchen wegen der hohen Gasproduktion die Granulate in die Höhe gerissen werden und mit einem einfachen Abweiser nicht genügend zurückgehalten werden können. Der EGSB-Fermenter

arbeitet zweistufig. Durch die beiden Trennstufen wird der rasche Auftrieb reduziert und es entsteht eine kontrollierte Strömung im gesamten Reaktorbereich. Das Abwasser wird wie beim UASB am Boden des Reaktors eingepumpt. Das mehrheitlich im unteren Bereich gebildete Biogas wird im unteren Phasenseparator gesammelt und steigt zusammen mit dem Wasser und den Granulaten durch eine Steigleitung nach oben in einen Separator an der Spitze des Reaktors. Das abgetrennte Biogas und das gereinigte Wasser verlassen den Fermenter. In neueren Verfahren wird das Abwasser zusammen mit den Granulaten über ein internes oder externes Rohr zurück zum Boden des Reaktors geführt. Man nennt dieses Verfahren daher «Internal Recycling» oder kurz IC. Das Biogas, das im zweiten, oberen Teil des Reaktors gebildet wird, wird im oberen Phasenseparator abgetrennt.

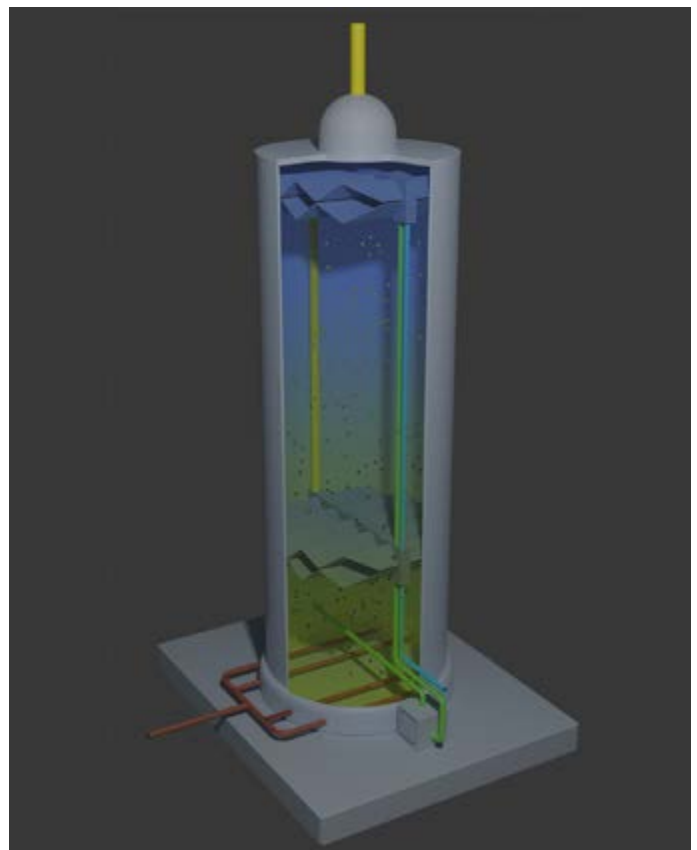


Abbildung 7: EGSB/EGSB IC. Weiterentwicklung des UASB mit zwei Abscheidern der aufschwimmenden Granulate

SUBSTRATE, POTENZIALE UND TECHNISCHE GRENZEN

Abwasser, welches gelöste, leicht abbaubare organische Stoffe enthält, eignet sich besonders gut für die anaerobe Vergärung. Diese Behandlung kann bei einem chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) von mehr als zwei Gramm pro Liter angewendet werden, was zu einem breiten Anwendungsbereich führt.

Ein breites Spektrum betroffener Abwässer

Lebensmittelindustrie: Unter den Industriezweigen, die anaerob abbaubare Abwässer produzieren, nimmt die Lebensmittel- und Getränkeindustrie den grössten Stellenwert ein. Tatsächlich werden grosse Mengen Wasser zum Waschen, Zubereiten und Kochen von Lebensmitteln verwendet. Die dabei entstehenden Abwässer sind mit leicht biologisch abbaubaren, organischen Stoffen beladen.

Andere Industriezweige: Auch andere Zweige ausserhalb der Lebensmittelindustrie produzieren Abwässer, die reich an organischen Substanzen sind und sich für die Methanisierung eignen. Tatsächlich sind viele organische Moleküle, auch synthetische, durch anaerobe Vergärung abbaubar. In der Schweiz trifft das vor allem auf die Papier-, Chemie- und Pharmaindustrie zu.

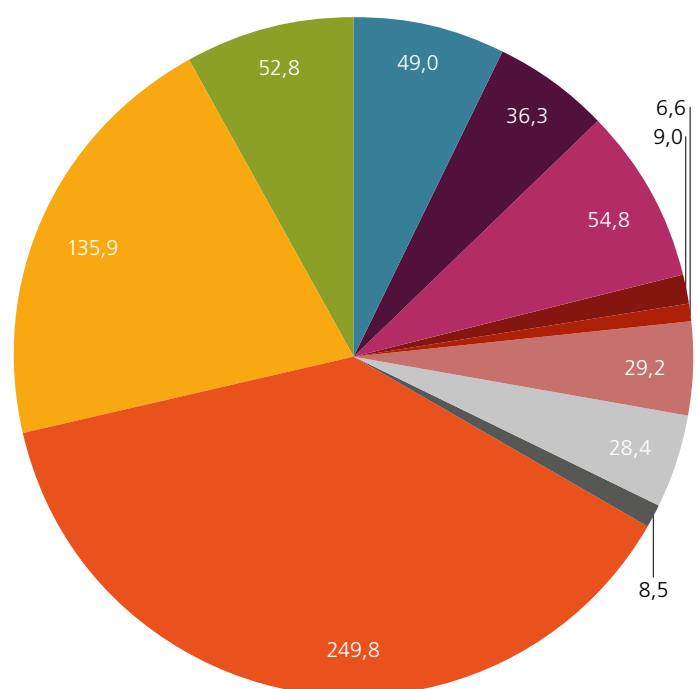
EIN POTENZIAL VON 660 GWH PRO JAHR IN DER SCHWEIZ

2016 wurde das Potenzial der Vergärung von Industrieabwässern neu erhoben und zwar für jeden Sektor der Lebensmittelindustrie sowie anderer Industriezweige. Dies geschah auf der Grundlage statistischer, theoretischer und Erhebungsdaten⁴ (Abbildung 8). Über alle Bereiche der Food- und Non-Food-Industrien wird das gesamte theoretische tragbare Potenzial der anaeroben Vergärung von Industrieabwässern auf folgende Werte geschätzt:

- 251'500 Tonnen CSB/Jahr
- 66,5 Mio. m³ Methan/Jahr
- 660 GWh/Jahr Bruttoenergie

Rund 11 Prozent dieses Potenzials werden durch 23 bereits bestehende Industrieabwasser-Biogasanlagen in der Schweiz genutzt.

Das in der Schweiz **technisch noch realisierbare und ökonomisch tragbare Potenzial wird auf rund 350 GWh pro Jahr geschätzt**. Dabei sind nur Unternehmen berücksichtigt, deren Abwässer besonders günstige Bedingungen (Konzentration, Abwassermenge und Belastung) für die anaerobe Vergärung aufweisen und die noch nicht mit einer Vorbehandlungsanlage ausgestattet sind.



- Fleischindustrie
- Knollen-, Obst- und Gemüseverarbeitung
- Milchverarbeitung
- Herstellung von Produkten aus Getreide und Ölsaaten
- Schokolade, Kaffee, Tee und Süssigkeiten
- Convenience-Food und sonstige Nahrungsmittel
- Getränkeherstellung
- Textil
- Holz und Papier
- Chemie
- Pharma

Abbildung 8: Theoretisches Potenzial (GWh) der anaeroben Vergärung von Abwässern der Lebensmittel- sowie der Non-Food-Industrie in der Schweiz

⁴ Rapport «Méthanisation des eaux usées industrielles en Suisse»; décembre 2016. Biomasse Suisse; https://www.infothek-biomasse.ch/images//300_2016_EnergieSchweiz_RapportMethanisation.pdf

TECHNISCHE GRENZEN

KONZENTRATION UND ORGANISCHE BELASTUNG

Obwohl es technisch möglich ist, eine anaerobe Vergärung von Abwasser auch bei Konzentrationen unter 1000 mg CSB/l durchzuführen, wird in Europa oft 2000 mg CSB/l als unterer Grenzwert genannt, ab dem eine anaerobe Vergärung auch ökonomisch empfohlen werden kann.⁵ Bei tieferen CSB-Werten reicht das Gas nicht mehr, um den Fermenter zu beheizen. Konzentrationen unter 2000mg/l sind tragbar für Abwässer, die das ganze Jahr mit einer erhöhten Temperatur (40 °C) anfallen, da sie faktisch keine Energie zur Erwärmung erfordern.

Neben einer ausreichenden Konzentration an organischen Stoffen ist auch ein Mindestvolumen an Abwasser erforderlich, um eine solche Anlage wirtschaftlich betreiben zu können. Daher wird von Anlagenherstellern oft eine minimale organische Fracht von 1000 kg CSB/Tag empfohlen. Kleinere Frachten können aus rein energetischer Sicht dennoch interessant sein, wenn die Biogasanlage eine aerobe Behandlung ersetzt, bei der die Belüftung viel Strom verbraucht.

Andere Abwassereigenschaften wie Temperatur, pH-Wert oder das Vorhandensein potenziell hemmender Substanzen sind wichtige Kriterien, die bei der Durchführung einer Machbarkeitsstudie für ein solches Projekt berücksichtigt werden müssen. Wenn bei einem der Substrate Zweifel bestehen, sollten zusätzliche Analysen im Labor durchgeführt werden. Ein sogenannter BMP-Test (biochemisches Methanpotenzial) wird ebenso empfohlen. So kann ausgeschlossen werden, dass einzelne Komponenten im Abwasser den biologischen Prozesses hemmen (bspw. übermäßig viele Schwermetalle oder hemmende Substanzen wie Wasch- und Desinfektionsmittel). Der Hauptzweck des BMP-Tests ist natürlich die Bestimmung der Biogasausbeute, um die Anlage korrekt auszulegen und eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchführen zu können.

Optimale Voraussetzungen zur anaeroben Abwasserreinigung

- Konzentration organischer Substanzen: mind. 2000 mg CSB/Liter
- Organische Fracht: mind. 1000 kg CSB/Tag
- pH-Wert: 7 bis 7,8
- Abbaugrad der organischen Substanz: mind. 80%

REINIGUNGSLEISTUNG UND -ABFLUSS

Je nach Art des Abwassers kann die CSB-Reduktion durch die anaerobe Vergärung zwischen 50 und 99 Prozent liegen. Bei Abwässern aus der Lebensmittelindustrie sind es in der Regel mehr als 80 Prozent. Der anaerobe Abbau ist daher eine effiziente Vorbehandlung. Vor der Einleitung in die Kanalisation können die Abwässer zusätzlichen Behandlungen unterzogen werden: Klärung oder Flotation, um die Feststoffe oder Fette zu reduzieren, sowie eine aerobe Endbehandlung, um den CSB-Gehalt weiter abzusenken und die Geruchsstoffe abzubauen.

BETRIEB EINER ANAEROBEN ANLAGE

Der Betrieb einer anaeroben Anlage stellt spezifische technische Anforderungen. Das Personal muss über Kenntnisse in der Instandhaltung elektromechanischer Geräte (Pumpen, Wärmetauscher) verfügen und in biologischen und chemischen Analysen sowie in den Sicherheitsanforderungen in Bezug auf das Biogas geschult sein. Eine Kontrolle der spezifischen Parameter des anaeroben Gärprozesses wie Temperatur, pH-Wert, Substratkonzentration, potenzielle Inhibitoren und Gasgehalt ist unerlässlich. In der Regel ist das für das gut geschulte, technische Personal der Lebensmittel- und der chemischen Industrie nach kurzer Ausbildung kein Problem.

⁵ Wellinger A., Jareš J., Pesta G. (2015): Biogasproduktion in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie. FABbiogas, Brüssel; Februar 2015
www.fabbiogas.eu/fileadmin/user_upload/fabhandbook_deutsch_5.pdf

ENERGETISCHER GEWINN

BIOGASPRODUKTION

Aus jeder Tonne CSB, die in einer anaeroben Vergärungsanlage abgebaut wird, werden 350 m³ Methan produziert, was 500 m³ Biogas mit einem durchschnittlichen CH₄-Gehalt von 70 Prozent entspricht. Basierend auf den CSB-Abbauraten, die je nach Art des Abwassers variieren können, stellt sich das Energieerzeugungspotenzial in Bezug auf den eingehenden CSB wie folgt dar:

INDUSTRIE	EFFIZIENZ DES CSB-ABBAUS	ENERGIEPRODUKTION IN FORM VON BIOGAS PRO KG CSB IM ABWASSER
Lebensmittelindustrie (z.B. Milchverarbeitung, Konservenindustrie)	90–99%	3,1–3,4 kWh/kg CSB
Getränke (z.B. Brauereien)	70–90%	2,4–3,1 kWh/kg CSB
Non-Food (z.B. Schreibwaren, Chemie, Pharmazeutika)	50–75%	1,7–2,6 kWh/kg CSB

Die Möglichkeiten der Biogasnutzung im industriellen Prozess sind vielfältig:

- Wärmeerzeugung: Dampf oder Warmwasser in einem Gaskessel
- Einsatz für industrielle Hochtemperaturprozesse
- Strom und Wärme: in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) oder einer Mikrogasturbine
- Biomethanproduktion: Biogas kann auf Erdgasqualität (Biomethan) aufbereitet und in eine Erdgasleitung eingespeist oder an einer Tankstelle vor Ort als Treibstoff für Erdgas-Fahrzeuge verwendet werden.

Im Jahr 2018 ermöglichte die Gewinnung von 75,5 GWh Biogas aus der Vergärung von Industrieabwässern in der Schweiz die Produktion⁶ von:

- 34,2 GWh zurückgewonnener Wärmeenergie (davon 6,12 GWh für die Fermenterbeheizung)
- 8,2 GWh Strom
- 20,2 GWh ins Erdgasnetz eingespeistes Biomethan

Die Wahl der besten Form der Biogasverwertung sowie der geeignetsten Technologie ist Teil einer Machbarkeitsstudie und ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der anaeroben Vergärungsanlage.

THERMISCHER EIGENVERBRAUCH

Meist findet der anaerobe Vergärungsprozess bei Temperaturen um 37 °C (mesophil) statt, selten bei 55 °C (thermophil). In industriellen Prozessen haben die Abwässer oft höhere Temperaturen um 30 bis 40 °C und benötigen daher wenig oder gar keine Temperaturerhöhung. Manchmal haben die Abwässer Raum- oder Aussentemperatur und müssen erwärmt werden. Abhängig von der Temperaturdifferenz, die überbrückt werden muss, sowie der Konzentration des Abwassers kann es vorkommen, dass die erforderliche Prozesswärme über 30 Prozent des erzeugten Biogases gleich wieder verbraucht.

In einigen Anlagen wird ein Wärmetauscher verwendet, der die Abwässer, welche in den Fermenter eingeleitet werden, mit Hilfe der gereinigten Abwässer erwärmt. Da die Fermenter isoliert und die Verweilzeiten kurz sind (einige Stunden oder Tage), kann die Temperatur des Fermenters mit geringem Energieaufwand aufrechterhalten werden.

⁶ Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien; BFE, 2018. <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9829>

REDUZIERTER STROMVERBRAUCH

Neben der Energieproduktion sollten die möglichen Energieeinsparungen im Vergleich zu einer Belüftung nicht vergessen werden. Bei der Belüftung muss Sauerstoff zugeführt werden. Da dieser schwer wasserlöslich ist, braucht es für diesen Prozess viel Strom. In einer anaeroben Anlage hingegen ist der Strombedarf für die Pumpen und das Rührwerk gering.

Die Einsparungen der anaeroben Vergärung im Vergleich zur Belüftung liegen in der Größenordnung von 0,6 kWh Strom pro kg abgebautem CSB, was über die gesamte Behandlungskette hinweg einen fünf- bis siebenmal niedrigeren Stromverbrauch bedeuten kann.⁷ Der Stromverbrauch einer Nachbehandlung ist gering, da nur noch wenig CSB abgebaut werden muss.

⁷ Solagro: La méthanisation des effluents industriels. Agence de l'eau Adour-Garonne, février 2006.

WIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN

Die Höhe der Investition hängt von der Grösse der Anlage ab, insbesondere vom Durchfluss und von der organischen Belastung, die abgebaut werden soll. Die Investitionskosten müssen für jeden Einzelfall während der Machbarkeitsstudie auf der Grundlage von Angeboten der Hersteller festgelegt werden.

Grössenordnung der Investitionskosten (in Millionen Franken pro Tonne CSB und Tag):

- Grossanlagen (> 5 Tonnen CSB/Tag): 0,5 bis 1
- Mittlere Anlagen (3–5 Tonnen CSB/Tag): 1 bis 2,5
- Kleinanlagen (< 3 Tonnen CSB/Tag): 2 bis 3,5

Dieser Betrag beinhaltet alle Komponenten:

- Vorbehandlungen
- Fermenter
- Rohre und Pumpen
- Biogas-Verstromungs- oder Aufbereitungsanlage
- Hoch- und Tiefbauarbeiten
- Nachbehandlung

Die Amortisation der Investitionskosten macht den Hauptteil der Gestehungskosten aus. Die restlichen Kosten, zusammengesetzt aus Pflege und Wartung, Betriebspersonal, Verbrauchsmaterialien (Strom, Reagenzien, Nährstoffe, Spurenelemente, Aktivkohle), Schlamm Entsorgung, Restwasseraufbereitung, Analysen und Kontrollen sowie Versicherungen sind im Vergleich gering, wie die Beispiele weiter unten zeigen.

EINNAHMEN UND EINSPARUNGEN AUS DEM PROZESS

Der Haupterlös einer anaeroben Vergärungsanlage ist die Energie, welche im industriellen Prozess genutzt werden kann:

- thermische Energie anstelle des Erwerbs von Heizöl oder Erdgas;
- elektrische Energie, die vor Ort verbraucht oder ins Netz eingespeist wird;
- Biomethan, das eingespeist oder direkt in einer Tankstelle verwendet werden kann.

Mit den auf Seite 12 genannten durchschnittlichen Biogas-erträgen und den aktuellen Preisen für die ersetzten fossilen

Brennstoffe oder die ersetzte Elektrizität kann der Ertrag 260 Franken/t CSB überschreiten.

Das Hauptinteresse der Industrie an der anaeroben (Vor-) Behandlung von Abwasser ist neben der Biogasproduktion die Senkung der Kosten für Abwasserbehandlung und Schlamm Entsorgung. Im Vergleich zu einer rein aeroben Behandlung ermöglicht eine Behandlungslinie mit einer anaeroben Stufe:

- Einsparung bei den Stromkosten: Der jährliche Stromverbrauch ist im Durchschnitt fünf- bis siebenmal geringer als bei der aeroben Behandlung.
- Einsparung bei der Schlamm Entsorgung: Eine anaerobe Behandlung erzeugt bis zu 90 Prozent weniger Schlamm als ein aerobes System, was bei den steigenden Entsorgungskosten eine beträchtliche Einsparung bedeutet.

Die Durchführung einer anaeroben Vorbehandlung am Industriestandort rechtfertigt eine Reduktion der von der Kläranlage erhobenen Behandlungskosten. Die Vereinbarung zwischen dem Unternehmen und der Kläranlage muss daher sorgfältig analysiert und gegebenenfalls neu verhandelt werden.

Es ist zu beachten, dass CO₂-Emissionsreduktionen berücksichtigt werden können, insbesondere bei Unternehmen, die in Zusammenarbeit mit der EnAW eine Zielvereinbarung mit dem Bund abgeschlossen haben.

RENTABILITÄT

Es liegt an den Spezialisten, von Fall zu Fall zu beurteilen, ob eine anaerobe Abwasserbehandlung in einer Industrie nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Dabei werden alle oben genannten Parameter berücksichtigt.

Bei mittleren (3–5 Tonnen CSB/Tag) und grossen Anlagen (> 5 Tonnen CSB/Tag) kann die Investition in fünf bis sieben Jahren durch die Einnahmen aus der Biogasproduktion und die Einsparungen durch geringeren Stromverbrauch und Schlammproduktion ausgeglichen werden. In diesen Fällen ist die Umsetzung der anaeroben Vergärung gerechtfertigt, da das Unternehmen seine Energieautonomie und seine CO₂-Bilanz erheblich verbessern kann. Für die kleinsten Einheiten (< 3 Tonnen CSB/Tag) wird die Pay-back-Periode länger, aber die Energie- und Schadstoffeinsparungen bleiben meistens interessant.



Abbildung 9: Aufbereitung der flüssigen Phase aus Grünabfällen in einem Hybridreaktor (unten im Fermenter UASB, oben Anaerobfilter) (Foto: Triple E&M)

VORGEHEN BEI DER PLANUNG

Eine sorgfältige, schrittweise Anlagenplanung ist ausschlaggebend für den Erfolg und spart letztlich Zeit und Geld. Sie bringt Übersichtlichkeit dank einem klar definierten Ablauf und einer vereinfachten Kontrolle. Damit können die Projektentwicklung, der Bau und der Betrieb optimiert werden. Es wird ein mehrstufiger Ansatz empfohlen, der in Abbildung 10 beschrieben ist.

Die Herausforderung bei der Implementierung und dem Betrieb einer anaeroben Vergärungsanlage beginnt mit der Definition und dem Verständnis des Substrats. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der zu behandelnden Substrate bestimmen nicht nur die Technologie des Fermenters, sondern auch die eventuellen Vorbehandlungen sowie die produzierbare Menge Biogas und damit die endgültige Wirtschaftlichkeit der Anlage. Die saisonale Schwankung der Substrate muss unbedingt berücksichtigt werden.

In der Regel ermöglichen die in der Firma oder in der Literatur verfügbaren Daten eine Grobdiagnose ohne grossen Aufwand. Dabei können die Grössenordnung der Biogasproduktion, die Anlagengrösse und damit die Höhe der Investitionen grob abgeschätzt werden. Dazu gibt es verschiedene Programme, wie das von Biomasse Suisse entwickelte Berechnungs-Tool, welches verschiedene anaerobe Systeme mit der aeroben Aufbereitung vergleicht. Den einfachsten Einstieg bietet der im Rahmen eines Horizon 2020 erarbeitete FAB-biogas-Calculator.⁸ Sobald sich diese erste Prüfung als positiv erwiesen hat, ermöglicht die Machbarkeitsstudie eine genauere Analyse der technischen (Design, Implementierung), regulatorischen und wirtschaftlichen Aspekte des Projekts.

Die Machbarkeitsstudie sollte von einem spezialisierten Büro durchgeführt werden, das von Technologielieferanten unabhängig ist. Sie muss auf zuverlässigen Daten des Industriebetriebs beruhen, insbesondere auf Erhebungen über einen gewissen Zeitraum (z.B. Durchfluss, Temperatur) sowie Laboranalysen (z.B. physikalisch-chemische Eigenschaften, BMP-Tests).

⁸ www.fabbiogas-calculator.eu/en/fabbiogas-calculator

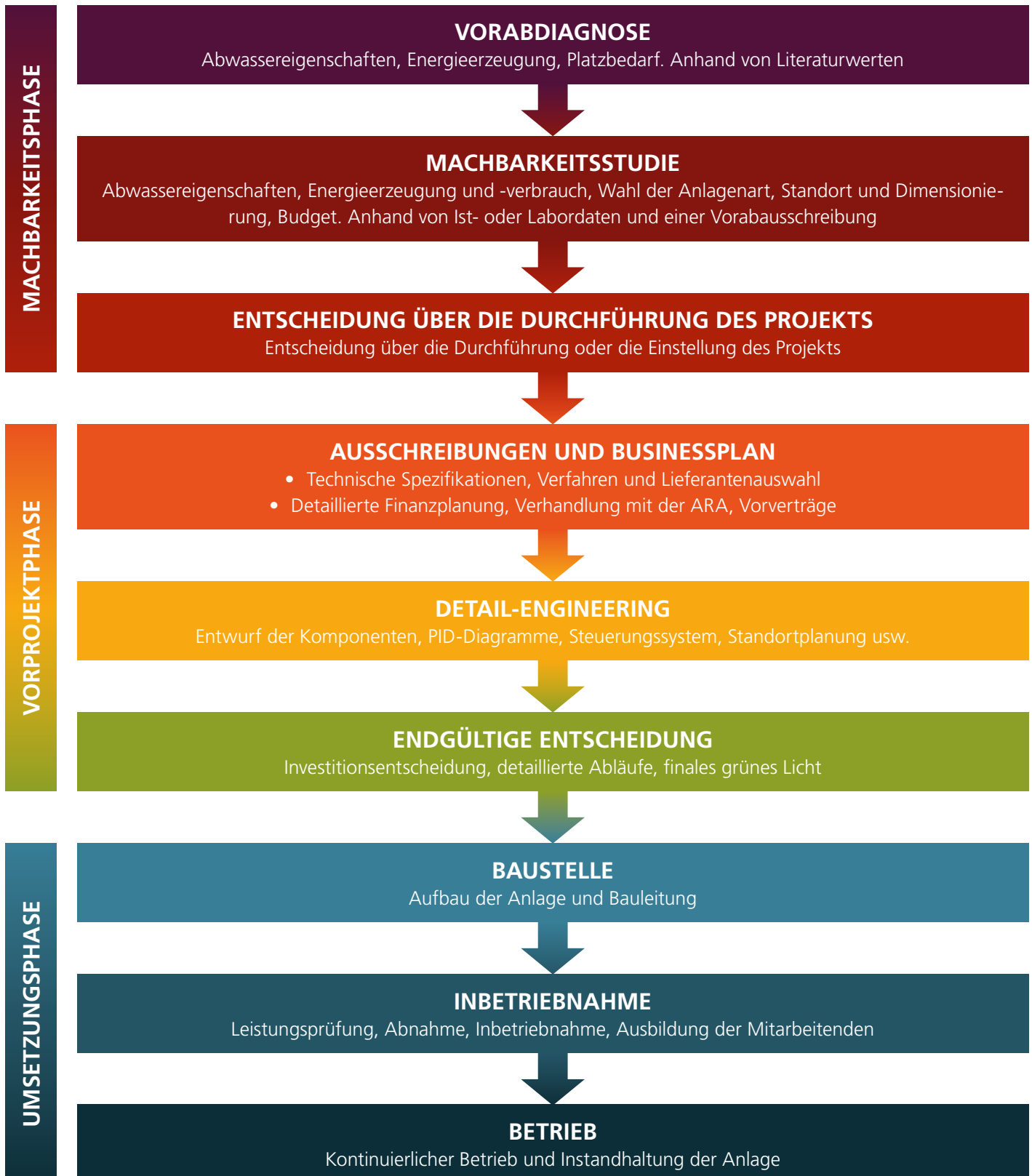


Abbildung 10: Prozessschema mit den unterschiedlichen Planungsstufen

FALLBEISPIELE

Die Fallbeispiele zeigen die ganze Palette von Anaerobsystemen mit Abwässern aus verschiedenen Industriezweigen in der Schweiz auf. Die Aufzählung ist natürlich nicht vollständig, aber sie gibt doch einen Überblick über die breiten Anwendungsmöglichkeiten der anaeroben Vorreinigung von Industrieabwässern.

EISBERG AG: KONTAKTPROZESS



Quelle: Eisberg AG



Quelle: engeli engineering

BETREIBER

Eisberg AG
8108 Dällikon
kornel.eggenschwiler@eisberg.ch

Kornel Eggenschwiler,
Leiter Abwasseranlage

«Die Gemüseproduktion ohne
Abwasservorbehandlung wäre
am Standort Dällikon nicht
mehr möglich.»

PROJEKTERFOLGE

Mit dem Bau der Biogasanlage konnte die Eisberg AG die Kosten für die Abwasserbehandlung reduzieren, die Energie- und Stoffkreisläufe optimieren und Ressourcen einsparen.

Die Ergebnisse im Einzelnen lauten:

- Keine Abhängigkeit von der ARA Furtbach
- Umweltschonende und nachhaltige Produktion
- Reduktion des CO₂-Ausstosses
- Ersatz von Trinkwasser mit aufbereitetem Abwasser
- Reduktion der Kosten durch Behandlungsschritte, die auf das Betriebsabwasser zugeschnitten sind
- Nutzung von Produktverlusten zur Erzeugung von Biogas
- Schliessung des Nährstoffkreislaufs durch Rückführung des Schlammes als Recyclingdünger
- Bewässerung der Felder

PROJEKTDESCHEIBUNG

Die Firma Eisberg AG verarbeitet Gemüse und Salate zu verbrauchsfertigen Produkten. Dabei entstehen Abwässer, die unterschiedlich stark mit organischer Fracht belastet sind. Zusätzlich fallen beim Rüsten feste Abfälle (Rüstabfälle) an, welche nicht ohne eine Vorbehandlung wiederverwertet werden können.

Für die Behandlung des stark belasteten Teilstroms, des Überschussschlammes aus der Belebung (SBR) sowie von mazerierten Feststoffen (Rüstabfälle) wählte die Eisberg AG ein anaerobes Kontaktverfahren. Der abzentrifugierte Schlamm des Fermenterablaufs wird gemeinsam mit dem Überschussschlamm aus der Belüftung (SBR-Anlage) rückgeführt und weiter behandelt.

Das vollständig gereinigte Abwasser fliesst über ein nachgeschaltetes Schönungsbecken (Sandfilter) in ein Retentionsbecken, von wo es zur Bewässerung der Gemüsekulturen eingesetzt werden kann. Wenn das Wasser nicht zur Bewässerung gebraucht wird, darf es in den Vorfluter eingeleitet werden.

TECHNISCHE UND FINANZIELLE DATEN

Inbetriebnahme	1999
Abwasser	650 m³/d
Rüstabfälle	35 m³/d
Schälabfälle extern	15 m³/d
TS-Konzentration	5%
OTS-Fracht	2300 kg/d
CSB Konz. Ablauf	1800 mg/l
OTS-Abbau	97%
Volumen Hydrolyse	150 m³
Volumen Fermenter	1000 m³
Volumen SBR	2 x 320 m³
Gasproduktion	350'000 m³/a
BHKW	140 + 60 kW
Stromproduktion	700 MWh/a
Wärmeproduktion	780 MWh/a
Wärmenutzung	Heizung, WW
Total Investition	8 Mio. CHF
Unterhalt, Personal	130'000 CHF/a
Kosten ARA	0 CHF/a
Anlagenbauer	Degrémont

RESULTATE

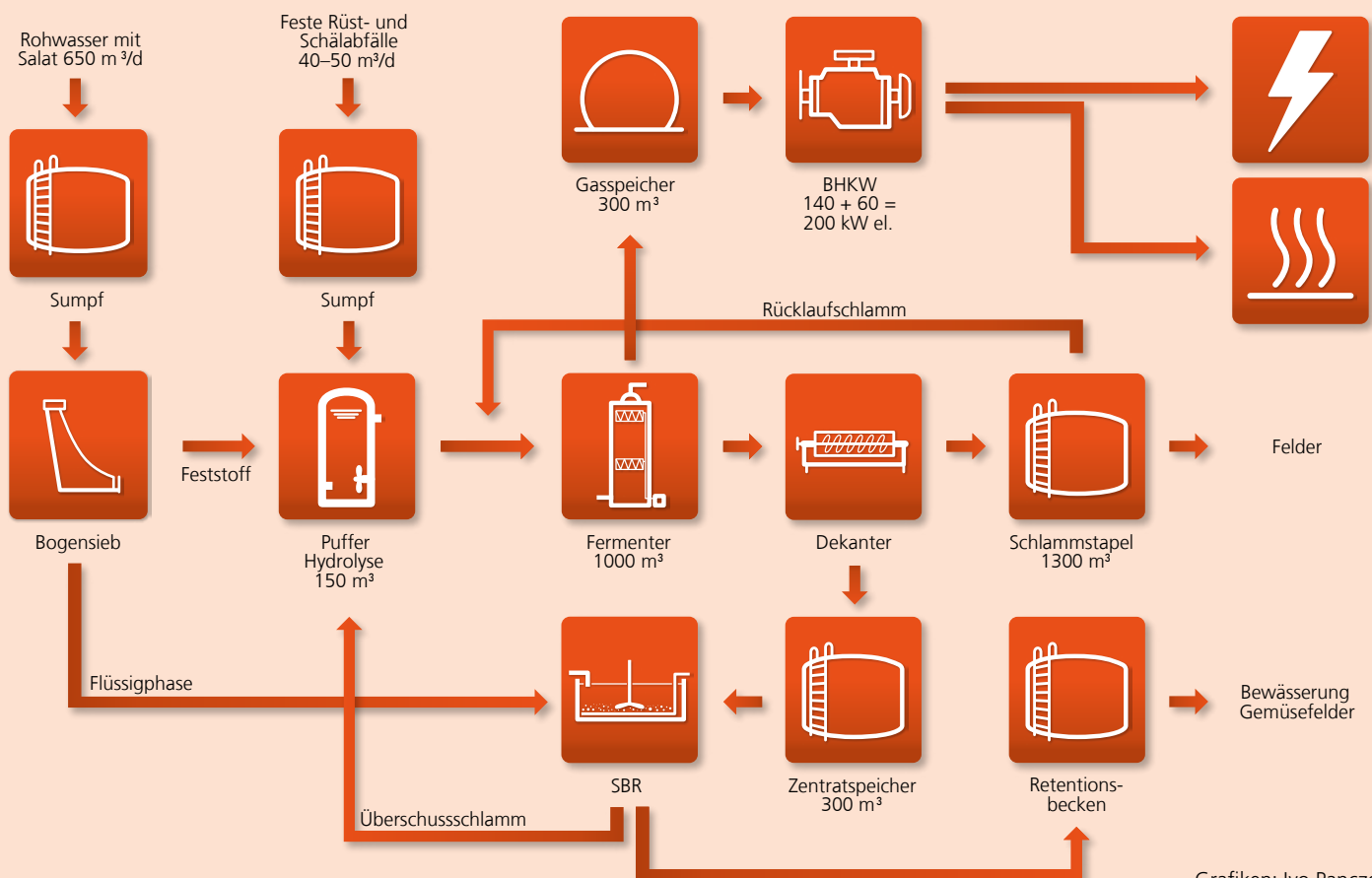
Mit der kombinierten Vergärung der Betriebsabwässer und der Gemüserüstabfälle optimierte die Eisberg AG die Energie- und Stoffkreisläufe.

Die Nachhaltigkeit war bei der Firma schon früh ein Thema. Aus diesem Grund wollte sie die grossen Wassermengen sowie den verschmutzten Abfall aus der Produktion wiederverwenden.

Die Wärme aus dem BHKW wird in der Produktion für den Betrieb der Gebindewaschanlage genutzt und der Strom ins lokale Netz eingespeist.

Das gereinigte Abwasser dient zur Bewässerung der Kulturen und ersetzt damit Trinkwasser.

Durch die Verwendung des Schlammes aus der Vergärung als Recyclingdünger wird der Nährstoffkreislauf geschlossen.



Grafiken: Ivo Panczel

EMMI: BIOPAQ IC FERMENTER



Quelle: Emmi Schweiz AG



Quelle: Emmi Schweiz AG

BETREIBER

Emmi Schweiz AG
6252 Dagmersellen
urs.emmenegger@emmi.com

Urs Emmenegger, Leiter Umwelt

Melchior Rychen, Betriebsleiter
Standort Dagmersellen

*«Wir sind stolz, eine eigene
ARA betreiben zu dürfen: Die
Schmutzfracht verwenden wir,
um Strom zu produzieren.»*

PROJEKTERFOLGE

Mit Hilfe anaerober Vergärung erzeugt die Emmi AG hochwertiges Biogas, das seinerseits zur Erzeugung von Strom und Prozesswärme dient. Beides kann intern genutzt werden. Gleichzeitig konnte der Milchverarbeitungsbetrieb die Kosten für die Abwasserbehandlung senken.

Die Ergebnisse im Einzelnen lauten:

- Entlastung der ARA Oberes Wiggertal
- Günstigere interne Abwasserreinigung
- Frachtreduktion durch Teilreinigung
- Mengen-, nicht lastbasierte Abwasserkosten
- Kostenreduktion durch optimal auf das Betriebsabwasser abgestimmte Behandlungsschritte
- Nutzung von Produktionsverlusten zur Erzeugung von Biogas

PROJEKTBESCHREIBUNG

Ein Milchverarbeitungsbetrieb hat grosse Abwassermengen mit hohen organischen Frachten. Infolge kontinuierlicher Steigerung der Verarbeitungsmenge stiess die kommunale ARA an ihre Grenzen. Dies hat dazu geführt, dass die Behörden Auflagen gemacht haben, das Abwasser vor der Einleitung in die Kanalisation vorzureinigen.

Der Ausbau erfolgte stufenweise, zuerst wurden der Havarie- und Puffertank, der IC-EGSB-Fermenter und der Auslaufftank zur ARA erstellt. In der zweiten Phase wurden die Vorversäuerung (Hydrolyse) und die beiden SBR-Reaktoren sowie ein Dekanter zur Schlammmentwässerung installiert.

Die Gasverwertung erfolgte zuerst im Kesselhaus zur Erzeugung von Prozessdampf.

In einem späteren Schritt wurden Mikrogasturbinen zur Erzeugung von Strom und Wärme installiert. Die Wärme wird zur Vorwärmung des Speisewassers und zur Dampferzeugung genutzt.

TECHNISCHE UND FINANZIELLE DATEN

Inbetriebnahme:

1998 Teil 1: Vorbehandlung mit Biopaq IC

2014 Teil 2: SBR-Reaktoren

Abwasser total	1000 m ³ /d
CSB-Fracht	3600 kg/d
CSB-Konzentration	3600 mg/l
CSB-Konz. Ablauf	86 mg/l
CSB-Abbau	97%
Havarie- u. Puffertank	1000 m ³
Volumen Hydrolyse	1000 m ³
Volumen Fermenter	160 m ³
Volumen SBR	2 x 1300 m ³
Gasproduktion	250'000 m ³ /a
Mikrogasturbine	3 x 65 kW
Stromproduktion	316'957 kWh/a
Wärmenutzung	348'000 kWh/a
Total Investition	9 Mio. CHF
Einsparungen gegenüber ARA	600'000 CHF/a
Anlagenbauer	Paques, NL

RESULTATE

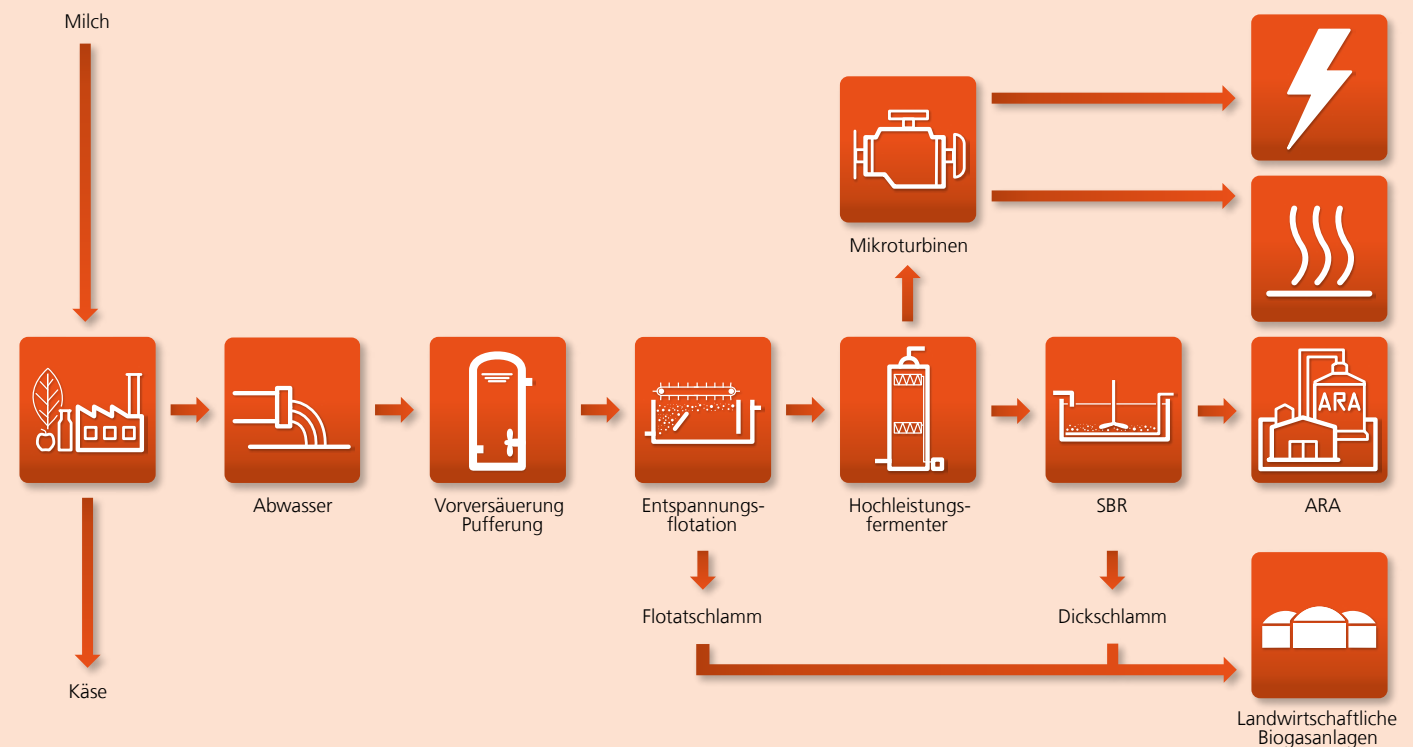
Die Schmutzfracht wird verwendet, um aus dem Biogas Strom und Wärme zu erzeugen.

Die Reinigung des Abwassers liegt somit in der Verantwortung des Werkes Dagmersellen. Mit der gezielten Fassung der Stoffströme im Input kann täglich erhoben werden, welche Verluste (Milch; Milchprodukte) in der Produktion entstehen. Dank verschiedener Prozessoptimierungen konnte die Verschwendung von Ressourcen verringert werden.

Mit der Erfahrung aus dem Betrieb in Dagmersellen konnte Know-how für andere Standorte aufgebaut werden.

Der Milchverarbeiter konnte die Abhängigkeit von der öffentlichen Kläranlage verringern.

Die Einsparungen gegenüber der vollständigen Reinigung in der ARA betragen rund CHF 600'000.– pro Jahr.



Grafiken: Ivo Panczel

GEFU OBERLE AG: MIXED SLUDGE BED FERMENTER



Quelle: Gefu Oberle AG



Quelle: Gefu Oberle AG

BETREIBER

Gefu Oberle AG
6221 Rickenbach
info@gefu-oberle.ch

Jörg Oberle, Hauptaktionär der
Gefu Oberle AG

«Die Biogasanlage reduziert
den jährlichen CO₂-Ausstoss in
Rickenbach, LU, um ca. 5400
Tonnen.»

PROJEKTERFOLGE

Mit der Investition in die Biogasanlage konnte die Gefu Oberle AG Kosten und CO₂-Emissionen für die Futtermittelherstellung reduzieren.

Mit den von der Gefu Oberle AG hergestellten Futtermitteln eröffnet sich die Möglichkeit, CO₂-neutrales Kalbfleisch herzustellen. Das könnte in Zukunft ein Wettbewerbsvorteil sein.

Die Ergebnisse im Einzelnen lauten:

- Entlastung der ARA Reinach
- Günstigere interne Abwasserreinigung
- Frachtreduktion durch Teilreinigung
- Mengenbasierte Abwasserkosten
- Nutzung der Produktverluste zur Steigerung der Biogasproduktion
- Reduktion der CO₂-Emission

PROJEKTBESCHREIBUNG

Die Gefu Produktions AG, ein Unternehmen der Gefu Oberle AG, verwendet Molke, ein Nebenprodukt der Käseherstellung, als Ausgangssubstrat zur Produktion von Futtermitteln.

Aus 80 bis 100 Käsereien werden täglich rund 650'000 Liter Molke verarbeitet. Die Molke kann nicht direkt für die Futtermittelproduktion verwendet werden – der Proteingehalt ist zu tief. Dieser wird zuerst mittels Ultrafiltration angereichert, während ein milchzuckerhaltiges Permeat übrigbleibt.

Um dieses Nebenprodukt, das sich kaum verkaufen lässt, sinnvoll zu verwerten, baute die Gefu Oberle AG eine der grössten Biogasanlagen der Schweiz.

Das Biogas treibt 12 Mikrogasturbinen an, welche pro Jahr 5 GWh Strom und 11 GWh Wärme erzeugen. Die heisse Abluft aus den Mikrogasturbinen wird zur Produktion von Dampf genutzt, welcher zur Eindampfung von Molke verwendet wird.

TECHNISCHE UND FINANZIELLE DATEN

Inbetriebnahme	2010
Abwassermenge	245 m ³ /d
CSB-Fracht	16'000 kg/d
CSB-Konzentration	65'000 mg/l
CSB-Konz. Ablauf	1800 mg/l
CSB-Abbau	97%
Volumen Hydrolyse	700 m ³
Volumen Fermenter	2000 m ³
Volumen SBR	500 m ³
Fermentertyp	Mixed Sludge Bed
Gasproduktion	2,9 Mio. m ³ /a
12 Mikrogasturbinen	total 780 kW
Stromproduktion	5000 MWh/a
Wärmeproduktion	11'000 MWh/a
Wärmenutzung	Dampf
Total Investition	12 Mio. CHF
Unterhalt, Personal	500'000 CHF/a
Kosten ARA aktuell	60'000 CHF/a
Kosteneinsparung	400'000 CHF/a
Anlagenbauer	Hager + Elsässer GmbH

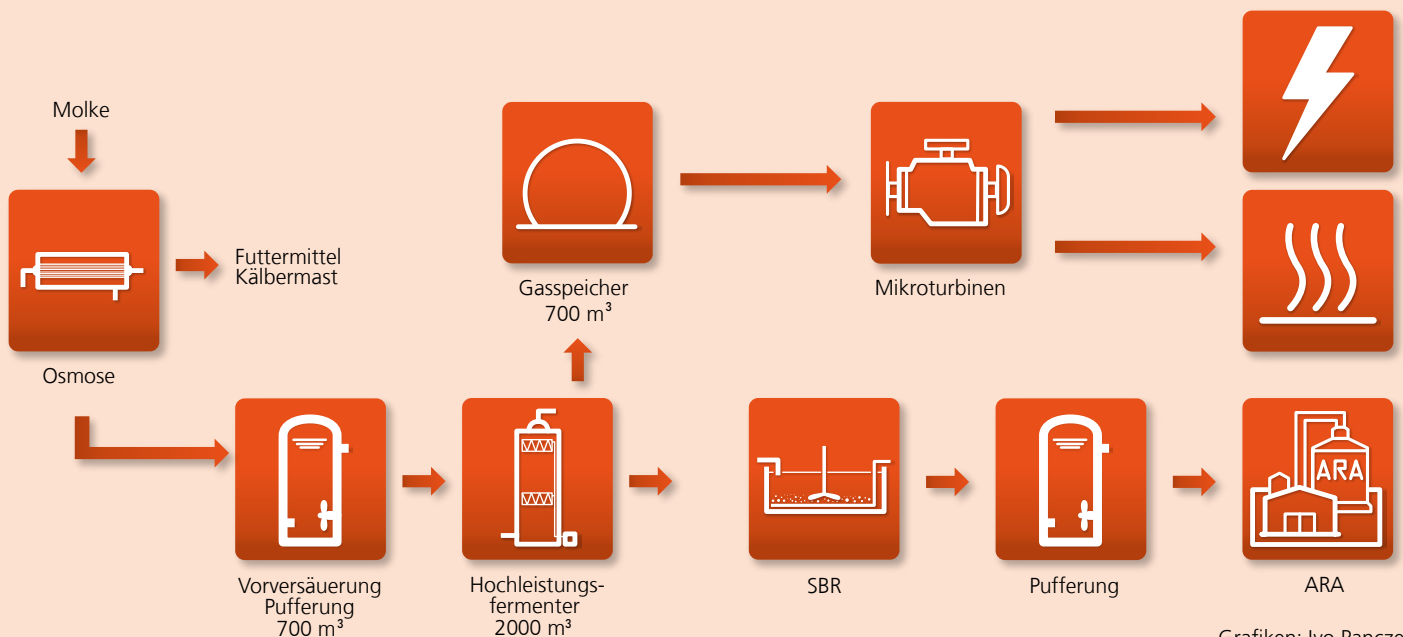
RESULTATE

«Wir mussten den Milchzucker in Lastwagen durch die ganze Schweiz fahren, um ihn dann zu einem Spottpreis zu verkaufen – das machte weder ökologisch noch wirtschaftlich Sinn», sagt Jörg Oberle. «Da hatten wir die Idee mit der Biogasanlage, die Milchzucker verwertet.» Die Anlage löst ein weiteres Problem: Das Abwasser aus der Futtermittelproduktion kann dank dem anaeroben Abbau und der Nachreinigung in einem SBR direkt in die Kanalisation geleitet werden.

Die Nutzung der heissen Abluft aus den Mikrogasturbinen spart jährlich rund 850 Tonnen Heizöl zur Dampfproduktion ein.

Mit der Restwärme aus dem Verdampfungsprozess wird das Futtermittel getrocknet. Dadurch kann der Heizölverbrauch um weitere 650 Tonnen jährlich reduziert werden.

Insgesamt resultiert aus der Integration der Biogasanlage in den Produktionsprozess der Gefu Oberle AG eine jährliche Reduktion des CO₂-Ausstosses um ca. 5400 Tonnen.



RAMSEIER: EGSB-FEMENTER



Quelle: engeli engineering

PROJEKTERFOLGE

Die ARA in Hochdorf war überlastet. Mit der Investition in die Biogasanlage sollten die Abwasserfracht vor Ort reduziert und die Einleitgrenzwerte des kantonalen Amtes für Umweltschutz erfüllt werden.

Die Ergebnisse im Einzelnen lauten:

- Entlastung der ARA Hochdorf
- Bau und Betrieb einer anaeroben Vorbehandlungsanlage zur Frachtreduktion
- Möglichst geringe Schlammproduktion
- Gewinnung von Biogas zur Erzeugung von Prozesswärme
- Reduktion des Erdgasverbrauchs
- Reduktion von CO₂-Emissionen
- Keine Geruchsbelästigung der Anwohner durch Installation eines Biofilters



Quelle: engeli engineering

BETREIBER

Ramseier Suisse AG
6280 Hochdorf
kurt.schmid@ramseier.ch

Kurt Schmid
Leiter Technischer Dienst

«Die Biogasanlage ermöglicht uns, einen Teil der Prozessenergie vor Ort zu gewinnen.»

PROJEKTBESCHREIBUNG

Die Ramseier Suisse AG, Hochdorf, ist ein Getränkehersteller und Abfüller für Grossisten. Es werden vor allem Bier und Süssgetränke hergestellt und abgefüllt.

Mit der Produktionssteigerung konnte die kommunale ARA in Hochdorf die Abwassermenge nicht mehr bewältigen. Um die ARA zu entlasten, verfügte das Amt für Umweltschutz des Kantons Luzern verschärfte Einleitgrenzwerte.

Aufgrund der Abwasserzusammensetzung wählte die Ramseier Suisse AG eine Vergärungsanlage. Eine aerobe Vorbehandlung schloss das Unternehmen aus energetischen Gründen aus. Zudem hätte eine solche zu grosse Geruchsemissionen zur Folge gehabt.

Ziel der Anlage ist es, möglichst viele Schmutzstoffe aus dem Abwasserstrom zu entfernen und die organische Belastung in der ARA zu reduzieren. Der Anaerobfermenter ist das Herzstück der Anlage. Der Ablauf aus dem Fermenter wird zur Nachbehandlung über ein Nachbelüftungsbecken geführt. Die Abluft wird zur Geruchsverhinderung mit einem Biofilter gereinigt.

TECHNISCHE UND FINANZIELLE DATEN

Inbetriebnahme	2002
Abwassermenge	240 m³/d
CSB-Fracht	1242 kg/d
CSB-Konzentration	5100 mg/l
CSB-Konz. Ablauf Ferm.	800 mg/l
CSB-Abbau	85%
Volumen Misch/Ausgleich	500 m³
Volumen Fermenter	260 m³
Volumen Nachbelüftung	170 m³
Fermentertyp	EGSB-Fermenter
Gasproduktion	132'000 m³/a
Gaskessel	150 kW
Wärmeproduktion	930'000 kWh/a
Überschusswärme	580'000 kWh/a
Total Investition	2,5 Mio. CHF
Unterhalt, Personal	150'000 CHF/a
Kosteneinsparung	120'000 CHF/a
Anlagenbauer	Gütling

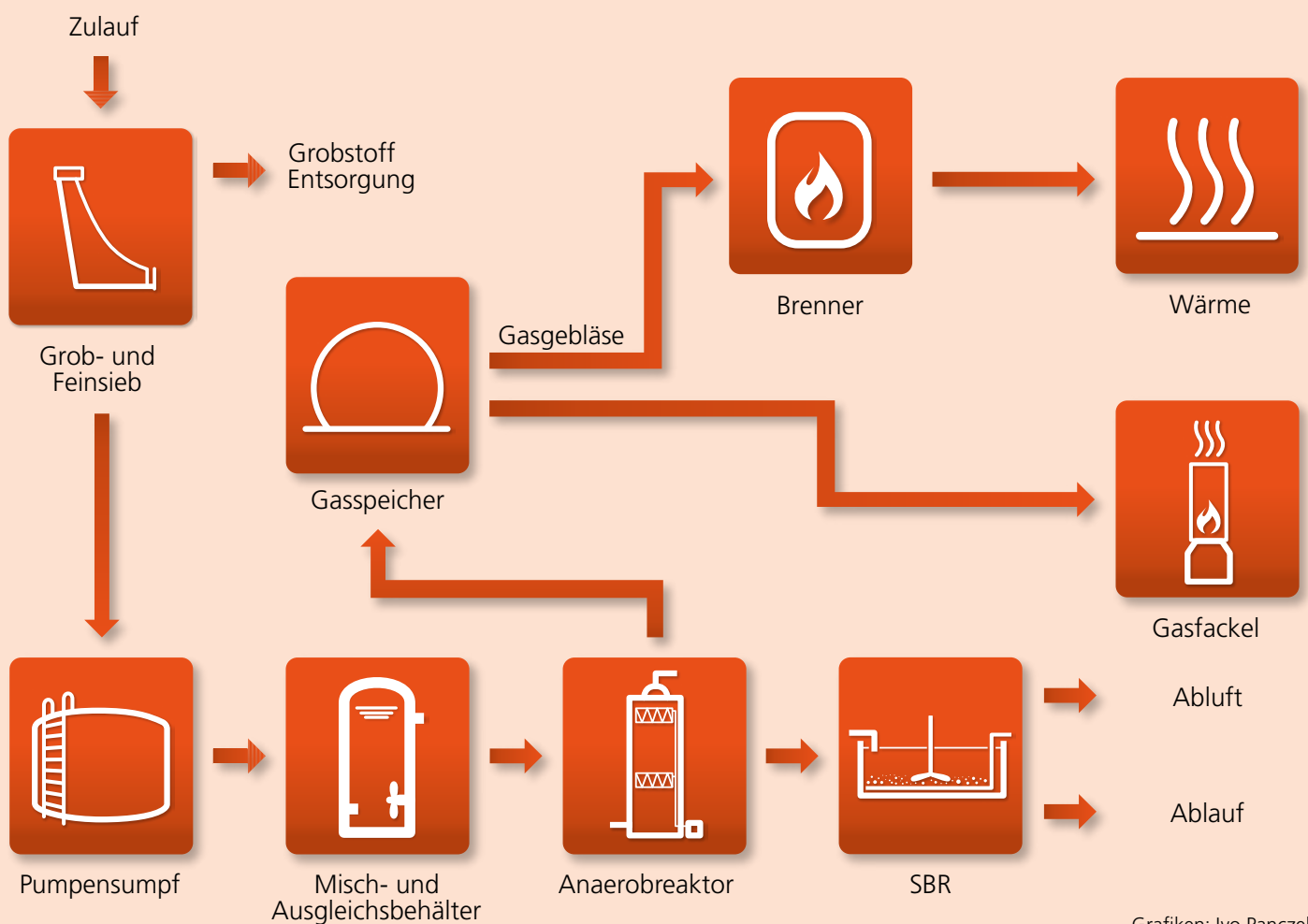
RESULTATE

Mit der Inbetriebnahme der anaeroben Vorbehandlungsanlage mit der Nachbelüftung reduzierte sich die Fracht auf die kommunale Kläranlage um 85 Prozent. Die Ramseier Suisse AG erfüllte damit die kantonalen Auflagen.

Mit Hilfe der Nachbelüftung werden die Geruchsstoffe im Ablauf des Fermenters abgebaut und die Schmutzfracht weiter reduziert. Die Abluft aus dem Belüftungsbecken wird durch den Biofilter von geruchintensiven Stoffen befreit.

Mit der Abdichtung des Belüftungsbeckens und dem Verschluss von Siphons können Geruchsemissionen in die benachbarten Wohnbauten vermieden werden.

Das Biogas wird zur Substitution von Erdgas verwendet. Mit der anaeroben Vorreinigung der Abwässer spart die Ramseier Suisse AG jährlich im Schnitt CHF 120'000.– ein.



Grafiken: Ivo Panczel

LINKS

- Food waste digestion (2018), IEA Bioenergy Task 37
http://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Food%20waste_WEB_END.pdf
- Gösser Brewery: The role of biogas in greening the brewing industry (2018)
http://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/case-studies/Goesser_case_study_LAY1.pdf
- Biogas from slaughterhouse waste: Towards an energy self-sufficient industry (2009), IEA Bioenergy Task 37
http://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/Success%20Stories/st_martin.pdf
- Biogasproduktion in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie (2015), FABbiogas
http://www.fabbiogas.eu/fileadmin/user_upload/fabhandbook_deutsch_5.pdf
- Merkblatt: Abwasser aus Gemüse verarbeitenden Betrieben
https://www.ag.ch/media/kanton_aargau/bvu/dokumente_2/umwelt__natur___landschaft/umweltinformation_1/merkblaetter_und_vollzugshilfen/Merkblatt_Abwasser_aus_Gemuese_verarbeitenden_Betrieben.pdf

WEITERE INFORMATIONEN

EnergieSchweiz: www.energieschweiz.ch/biomasse

Bundesamt für Energie: www.bfe.admin.ch/biomasse

Biomasse Suisse:
www.biomassesuisse.ch
contact@biomassesuisse.ch
+41 31 724 33 23

Die Broschüre ist in enger Zusammenarbeit mit Biomasse Suisse entstanden.

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern
Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz