



## Jahresbericht 1995

### Über die Arbeiten gemäss Auftrag NEFF 512

#### Untersuchungen zur Co-Vergärung von festen, biogenen Abfällen

##### Zusammenfassung:

Auf der ARA Frutigen (Kt. Bern) wurde die technische Machbarkeit der Co-Vergärung überprüft. Regional eingesammelte Gewerbeabfälle wurden auf dem ARA-Gelände mittels einer zweistufigen Zerkleinerung aufbereitet, in einem Misch- und Lagertank gestapelt und via die Hygienisierungsstufe dem Faulurm zugeführt. Während rund 14 Monaten wurde die Kläranlage messtechnisch untersucht. Die Aufbereitungsanlage erfüllte die Zielsetzungen: Die organischen Abfälle konnten verflüssigt und pumpfähig gemacht werden. Der Praxisbetrieb wurde durch die Co-Vergärung nicht negativ beeinflusst. Die Faulraumbelastung mit organischem Material konnte ohne nennenswerte Störungen um 20 % gesteigert werden. Im Falle der ARA Frutigen war die Hygienisierungsstufe der limitierende Faktor für die Zugabe von Abfällen. Die Klärschlammqualität wurde durch die Zugabe von Abfällen erwartungsgemäss nicht negativ beeinträchtigt. Bei Zugabe von 1 Tonne Bioabfälle pro Tag könnten mit der Co-Vergärung rund 7,5 % des Energiebedarfs der ARA Frutigen abgedeckt werden.

Auch oekonomisch ist die Co-Vergärung interessant: Die spezifischen Betriebskosten für die Verwertung der Abfälle kosten weniger als 100.-/ Tonne. Die ersten Resultate der theoretischen Machbarkeitsstudie zeigen allerdings, dass vermutlich nicht mehr als 50 Kläranlagen in der Schweiz für die Co-Vergärung in Frage kommen.

Dauer des Projekts: 1.9.1992 bis 30.4.1996

Beitragsempfänger: Arbeitsgemeinschaft Bioenergie, arbi

Berichterstätter: Marco Gradenecker, dipl.natw.ETH  
Werner Edelmann, Dr.sc.nat ETH  
Hans Engeli, dipl.natw.ETH

Adresse: arbi, 8933 Maschwanden

Telefon: Tel.:01/767'18'19(g); 767'17'73(Anlage); Fax: 01/767'16'01

# 1. Projektziele

Das Projekt Co-Vergärung soll die **praktische Machbarkeit der Co-Vergärung** (Vergärung von Frischschlamm zusammen mit Bioabfällen) **am Beispiel der ARA Frutigen** aufzeigen. Es sollen geeignete Aggregate zur Aufbereitung fester Abfälle (Zerkleinerung der Abfälle, Mischen mit Frischschlamm) evaluiert und auf der Kläranlage Frutigen installiert werden. Die organischen Abfälle sollen regional eingesammelt, aufbereitet und zusammen mit dem Frischschlamm dem Faultrum zugefügt werden, wobei die negativen und positiven Auswirkungen der Co-Vergärung auf den Praxisbetrieb der ARA aufgezeigt werden sollen. Dazu bedarf es eines Mess- und Ueberwachungsprogramms. Versuchsphasen bei normalem Betriebszustand sollen verglichen werden mit Phasen der Co-Vergärung. Ausserdem sollen praktische Erfahrungen gesammelt werden mit der Abfallaufbereitung.

Parallel zu den Praxisarbeiten soll eine **theoretische Machbarkeitsstudie** durchgeführt werden. Die Studie soll aufzeigen, welche Kläranlagen in der Schweiz für das Abfallbehandlungskonzept Co-Vergärung in Frage kommen und welche Auswahlkriterien relevant sind. Aufgrund der Studie soll eine Aussage möglich sein über das Potential der Co-Vergärung (zusätzliches Abfallrecycling, Erzeugung von Alternativenergie).

# 2. 1994 und 1995 geleistete Arbeiten und Ergebnisse

Die **Aufbereitungsanlage** für die organischen Abfälle (vgl. Abb.1) erfüllte folgende Funktionen: Annahme, Stapelung, Vorzerkleinerung, Abtrennung von Störstoffen und Feinzerkleinerung. Im Falle der Kläranlage Frutigen wurde für die Zerkleinerung der Abfälle eine zweistufige Apparatur, bestehend aus einem Mixport (Schraubenzerkleinerer aus der Landwirtschaft) und einem Mazerator, ausgewählt. Die Funktion der Stapelung und der Durchmischung übernahm ein 7m<sup>3</sup> Stapelbehälter. Aus finanziellen Erwägungen wurde auf eine maschinelle Aussortierung von Störstoffen verzichtet; sie wurden manuell aussortiert. Die Aufbereitungsanlage wurde Ende 1993 installiert und war bis Ende 1994 auf der Kläranlage in Betrieb.

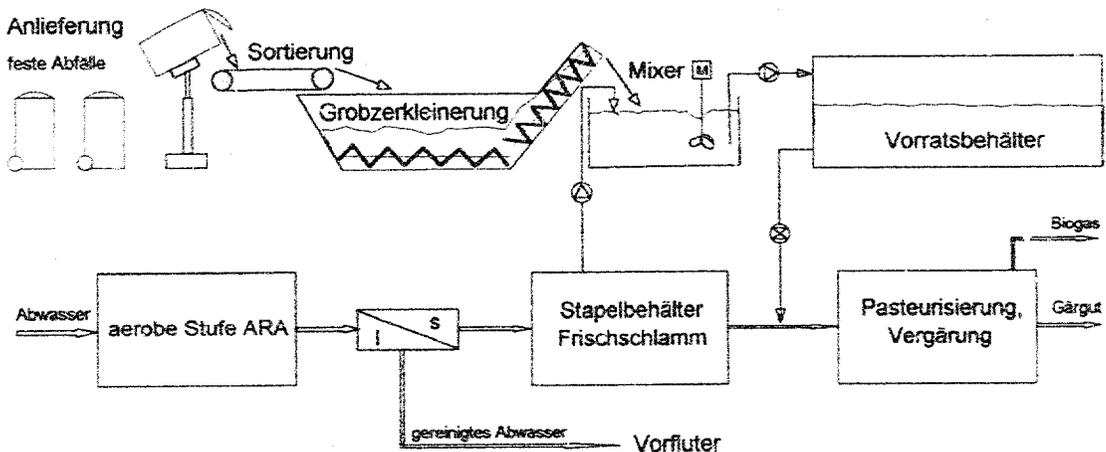


Abbildung 1: Schema der Aufbereitungsanlage für organische Abfälle auf einer Kläranlage

Die **eingesammelten Abfälle** stammten vorwiegend von Filialen von Migros und Coop aus dem Raum Thun/Spiez. Täglich wurden den rund 11m<sup>3</sup> Frischschlamm durchschnittlich (je nach Versuchsphase) bis zu 1,2 m<sup>3</sup> verflüssigte Abfälle zugefügt. Dies entsprach einer Erhöhung der organischen Raumbelastung um ca. 20%.

Die Erfahrungen mit der Aufbereitungsanlage waren durchwegs positiv. Die sehr heterogenen Gewerbeabfälle konnten homogenisiert und verflüssigt werden. Die Anlieferungsschwankungen wurden mit dem Stapelbehälter ausgeglichen.

Während rund 14 Monaten wurden auf der ARA Frutigen täglich Daten erhoben. Das **Messprogramm** umfasste Parameter wie Volumen- und Massenströme, Gas- und Stromproduktion, Nährstoffe, Schwermetalle, Hygieneparameter usw. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt der erhobenen Messdaten. Aufgezeichnet sind die tägliche Stromproduktion und die Zugabemengen an Frischschlamm und an organischen Abfällen während rund 8 Monaten. In der Grafik wird die Erhöhung der Stromproduktion (bzw. der Gasproduktion im Faulurturm) durch die Zugabe von Abfällen deutlich.

Der **Praxisbetrieb** der Kläranlage wurde - abgesehen vom zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Aufbereitung - nicht beeinträchtigt. Die Zugabe von Abfällen hatte auf den Faulungsprozess keinerlei negativen Einfluss; die Biogasproduktion wurde entsprechend der zusätzlich zugegebenen organischen Substanz erhöht. Technische Probleme traten durch die Co-Vergärung kaum auf. Voraussetzung ist eine saubere Abtrennung der Störstoffe im Abfall. Als 'Nadelöhr' für die zusätzliche Belastung der ARA im Falle Frutigen erwies sich die Hygienisierungsstufe, welche bereits durch einen Umbau der Aerobie an den Rand der Belastungsfähigkeit gelangt war. Die Faultürme selbst hätten ohne weiteres noch deutlich mehr belastet werden können.

In den **Faultürmen** traten weder Sedimentationen noch Schwimmdeckenbildungen auf. Allerdings wurden an den Aussenseiten der Gasdome Ablagerungen und im Faulturm eine Erhöhung des Faseranteils festgestellt. Diese faserigen Anteile hatten aber keinen direkt störenden Einfluss auf den Betrieb.

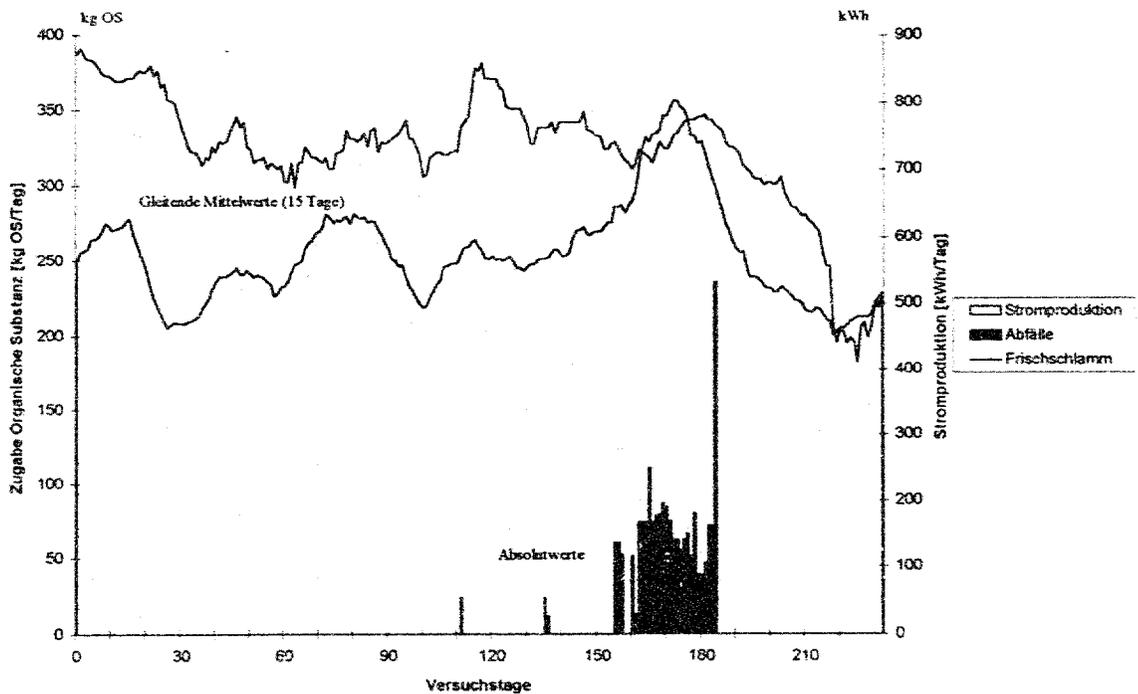


Abbildung 2: Stromproduktion [kWh], Zugabemengen von Frischschlamm und organischen Abfällen [kg OS] auf der Kläranlage Frutigen

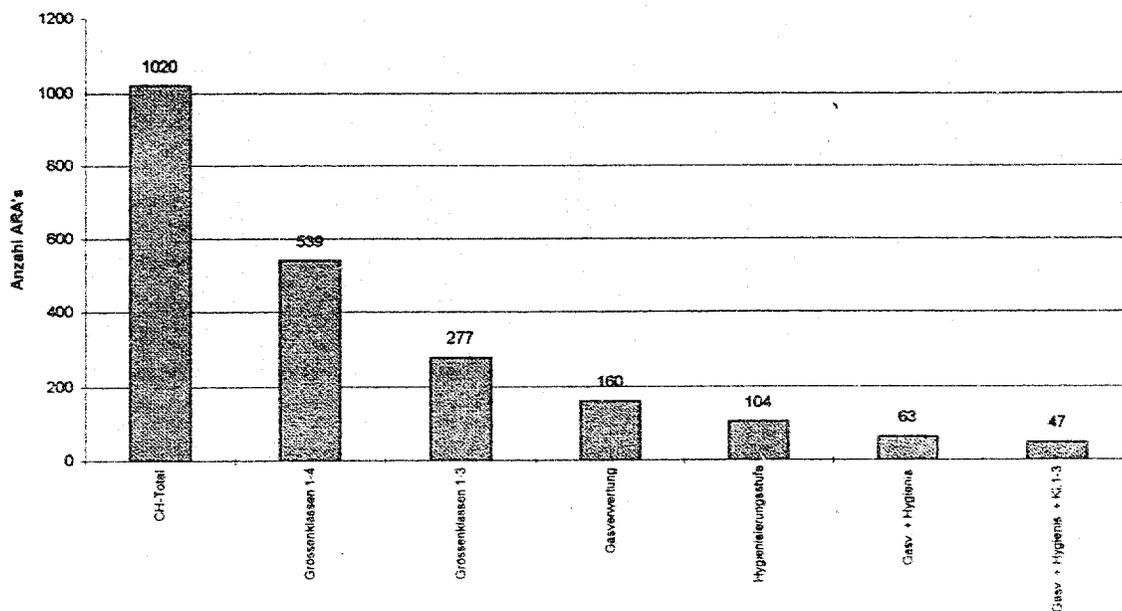
Ein wichtiger Teil der Untersuchungen war die **Ueberwachung der Klärschlammqualität**. Die gesammelten Daten zeigten, dass die Hygiene des Klärschlammes nicht beeinträchtigt wird. Es wurden die Anzahl Enterobakterien im Frischschlamm, in den Abfällen und im Endprodukt gemessen. Der Frischschlamm enthielt deutlich mehr Enterobakterien als die organischen Abfälle. Gleichzeitig wurde die Ueberlebensfähigkeit von Pflanzensamen bei der Vergärung im Faulturm untersucht. Es wurden Tomatensamen nach unterschiedlich langen Aufenthaltszeiten

im Faulturn im Gewächshaus angesät. Eine siebentägige Verweilzeit im Faulraum führte zu einer Keimverzögerung und Reduktion der Keimrate, während eine fünfzehntägige Verweilzeit bereits zu einer vollständigen Abtötung der Samen führte. Die mittlere Aufenthaltsdauer in der ARA Frutigen beträgt vergleichsweise in den beiden Faultürmen je ca. 20 Tage. Die Nährstoff- und Schwermetallgehalte des Klärschlammes wurden durch die Co-Vergärung nicht wesentlich verändert. Die Schwermetallgrenzwerte wurden in keinem Fall überschritten; sie sinken tendenziell auf Grund eines "Verdünnungseffektes" durch die kaum belasteten biogenen Abfälle.

Es wurde der positive Einfluss der Co-Vergärung auf die **Energiebilanz der Kläranlage** Frutigen untersucht. Bei der Versuchsphase wurden für die Verarbeitung (Aufbereitung, Hygienisierung) der organischen Abfälle pro Tonne 35 kWh elektrische Energie und 50 kWh Wärmeenergie pro Tonne eingesetzt. Der Energiegewinn pro Tonne Abfall aus der Gärung betrug 100 kWh elektrisch und 216 kWh Wärmeenergie. Nach Einbezug des Transportaufwandes kann pro Tonne Abfall mit einer Ueberschussenergie von rund 60 kWh (elektrisch) und 160 kWh (Wärme) gerechnet werden. Im Falle der Kläranlage Frutigen könnte bei einer Zufuhr von 1 Tonne Bioabfall pro Tag rund 7,5% des Energiebedarfs durch die Co-Vergärung abgedeckt werden, d.h. die Energiebilanz würde deutlich verbessert.

Die Oekonomie der Co-Vergärung zeigt ein erfreuliches Bild: Die **Investitionskosten** für eine Aufbereitungsanlage mit einem Durchsatz bis zu 1000 t pro Jahr betragen rund 100'000.-. Die **spezifischen Betriebskosten** (inklusive Personalaufwand) betragen für eine Anlage gleicher Grösse deutlich weniger als 100.- pro Tonne Bioabfälle, allerdings unter der Voraussetzung, dass keine Kostenanteile des (bereits vorhandenen) Faulturns und der Infrastruktur zur Gasverwertung übernommen werden müssen.

Die Auswertungen zur **theoretischen Machbarkeitsstudie** sind noch nicht ganz abgeschlossen. In einem ersten Schritt wurden die vorhandenen Daten der Kantone und des BUWAL's von Kläranlagen nach den wichtigsten Auswahlkriterien für die Eignung der Co-Vergärung abgefragt. Die wesentlichen Auswahlkriterien sind: vorhandene Kapazitäten für eine zusätzliche Belastung, Bedarf von Bioabfallentsorgung in der Region, vorhandene Gasverwertung und Hygienisierungsstufe, gute Klärschlammqualität und eine gesicherte Klärschlammabgabe an die Landwirtschaft (Schliessen der ökologischen Kreisläufe).



**Abbildung 3:** Einschränkung der für die Co-Vergärung in Frage kommenden Kläranlagen in der Schweiz aufgrund von Auswahlkriterien (Grösse, Gasverwertung vorhanden, Hygienisierungsstufe vorhanden, Kombination verschiedener Kriterien)

Wenn das Vorhandensein einer Gasverwertung, einer Hygienisierungsstufe und einer gewissen Grösse (ARA-Klassen 1-3) zur Bedingung für einen sinnvollen Einsatz der Co-Vergärung gemacht wird, sinkt gemäss den Daten des BUWAL die **Zahl möglicher Kläranlagen** in der Schweiz von insgesamt 1020 auf nur noch 47. (vgl. Abbildung 3).

Da beim BUWAL jedoch nicht alle erforderlichen Daten vorhanden sind, wurde bei allen Gewässerschutzämtern der Schweiz eine **Umfrage zur Co-Vergärung** durchgeführt. Die Auswertungen sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Die bisherigen Resultate bestätigen, dass vermutlich auf nicht mehr als 50 Kläranlagen in der Schweiz die Co-Vergärung sinnvoll eingesetzt werden kann. Massgebendes Kriterium für die Einschränkungen ist eine langfristig gesicherte Abgabe des Klärschlammes an die Landwirtschaft. Da viele Landwirte in Zukunft auf biologische oder integrierte Produktion umstellen werden, wird in der Landwirtschaft der Bedarf an Klärschlamm eher sinken.

### 3. Zusammenarbeit mit Dritten

Im Laufe des Jahres 1995 wurden mit verschiedenen Schweizer Firmen die Möglichkeiten der Verwertung von Lebensmittelabfällen durch die Co-Vergärung geprüft. Auf internationaler Ebene wurden bereits bestehende Kontakte zur Universität Venedig und zur Fachhochschule Giessen gepflegt. In diesem Zusammenhang konnten wertvolle Erfahrungen ausgetauscht werden.

Im November 1995 wurde eine **Studienreise nach Dänemark** durchgeführt. Das Biomass-Institute der Universität Esbjerg ermöglichte die Besichtigung von verschiedenen Praxis- (Gangel, Ribe) und Pilotanlagen (Gosmer), in denen biogene Abfälle verschiedenster Herkunft gemeinsam mit Gülle vergärt werden. Mit dem Chairman des 'Danish Farm Scale Biogas Program' wurden Gespräche über eine zukünftige Zusammenarbeit auf diesem Gebiet geführt.

### 4. Zukunftsperspektiven

Es zeigte sich bei den Untersuchungen und den Kontakten zu ausländischen Stellen, dass die Co-Vergärung - wie erhofft - eine kostengünstige und in vielen Fällen sehr sinnvolle Entsorgungsmöglichkeit ist. In Zukunft wird auch die **landwirtschaftliche Co-Vergärung** an Bedeutung gewinnen (vgl. Jahresbericht *E2000* Landwirtschaft); für die landwirtschaftliche Co-Vergärung sprechen folgende Gründe:

- Auch grosse landwirtschaftliche Biogasanlagen können beim heutigen, aus ökologischer Sicht unsinnig tiefen Ölpreisniveau kaum Rentabilität erreichen. Durch die zusätzlichen Einnahmen durch die Co-Vergärung wird die **Ökonomie** ganz deutlich **verbessert**, sodass in Zukunft Landwirte diese Option vermehrt ins Auge fassen werden.
- Analog zur Feldrandkompostierung - deren Einsatz auf bestimmte Bereiche beschränkt ist - erhält der Landwirt eine zusätzliche Möglichkeit zur **Diversifikation**. Durch das Angebot einer Entsorgungsdienstleistung erhält er eine zusätzliche Einnahmequelle.
- Bei der landwirtschaftlichen Co-Vergärung werden die "sauberen" biogenen Abfälle nicht mit unter Umständen stärker schadstoffbelastetem Klärschlamm vermischt, sondern mit ebenfalls weitgehend unbelasteter Gülle. Dadurch wird ein qualitativ noch **besseres Produkt** erzeugt, als bei der Vergärung auf der kommunalen ARA.
- Bei landwirtschaftlicher Co-Vergärung befinden sich die Abfälle bereits wieder in der Nähe der Felder, was das **Schliessen der Kreisläufe vereinfacht**. Voraussetzung ist allerdings, dass der Landwirt nicht nur Viehzucht, sondern auch Ackerbau betreibt.

In der ersten Hälfte 1996 gilt es, die Machbarkeitsstudie abzuschliessen und die Daten in einem **Schlussbericht** aufzuarbeiten. Der Bericht soll eine geeignete Grundlage bilden für z.B. Gemeinden und Zweckverbände, die an der Co-Vergärung interessiert sind. Diverse Gewässerschutzämter haben ihr Interesse bereits bekundet. Gleichzeitig muss auch direkt darauf hingearbeitet werden, möglichst rasch in der Landwirtschaft und auf einer ARA je mindestens eine **Referenzanlage** zu realisieren, um so anhand von funktionierenden Beispielen die technische und ökonomische Machbarkeit zu demonstrieren.

## 5. Publikationen 1995

- EDELMANN W. (1995): Concepts for the treatment of organic solid wastes, *in* Symposium: Biological Waste Management - a wasted Chance?, Oelde 1995
- EDELMANN W. (1995): Möglichkeiten und Grenzen der Anaerobtechnik aus der Sicht des Wissenschafters, *in*: ANS Hrg. : Anaerobe Abfallbehandlung in der Praxis, Kurz & Co, Stuttgart, ISBN 3-924618-29-1, pp.45-53
- ENGELI H., GRADENECKER M., EDELMANN W., KULL T., (1995): Co-Vergärung von Klärschlamm und Bioabfall - Erfahrungen und Perspektiven, *in*: Abfall-Wirtschaft, Proceedings des 7. Kasseler Abfallforums: Biologische Abfallbehandlung, 25.-27.4.95, Universität Kassel
- EDELMANN W. (1995): Integration der Anaerobtechnik in Gesamtkonzepte der biologischen Abfallbehandlung, *in*: Abfall-Wirtschaft, Proceedings des 7. Kasseler Abfallforums: Biologische Abfallbehandlung, 25.-27.4.95, Universität Kassel
- EDELMANN W. (1995): Integrasjon av anaerobteknikken i en helhetlig løsning, Seminar Kildesortering, 17.11.95, Oslo (oversatt til norsk av Arne Tronstad)
- EDELMANN W., ENGELI H., GRADENECKER M., MOSER C. (1995): Untersuchungen zur Co-Vergärung auf der Kläranlage Frutigen, BE, Bericht z.Hd. des Kanton Bern, GSA Bern