

Technische und ökonomische Evaluation von Boxenvergärungsanlagen zur Mobilisierung des Biogaspotenzials von Kompostieranlagen

Hans Engeli, dipl. sc. nat. ETH
engeli@compuserve.com

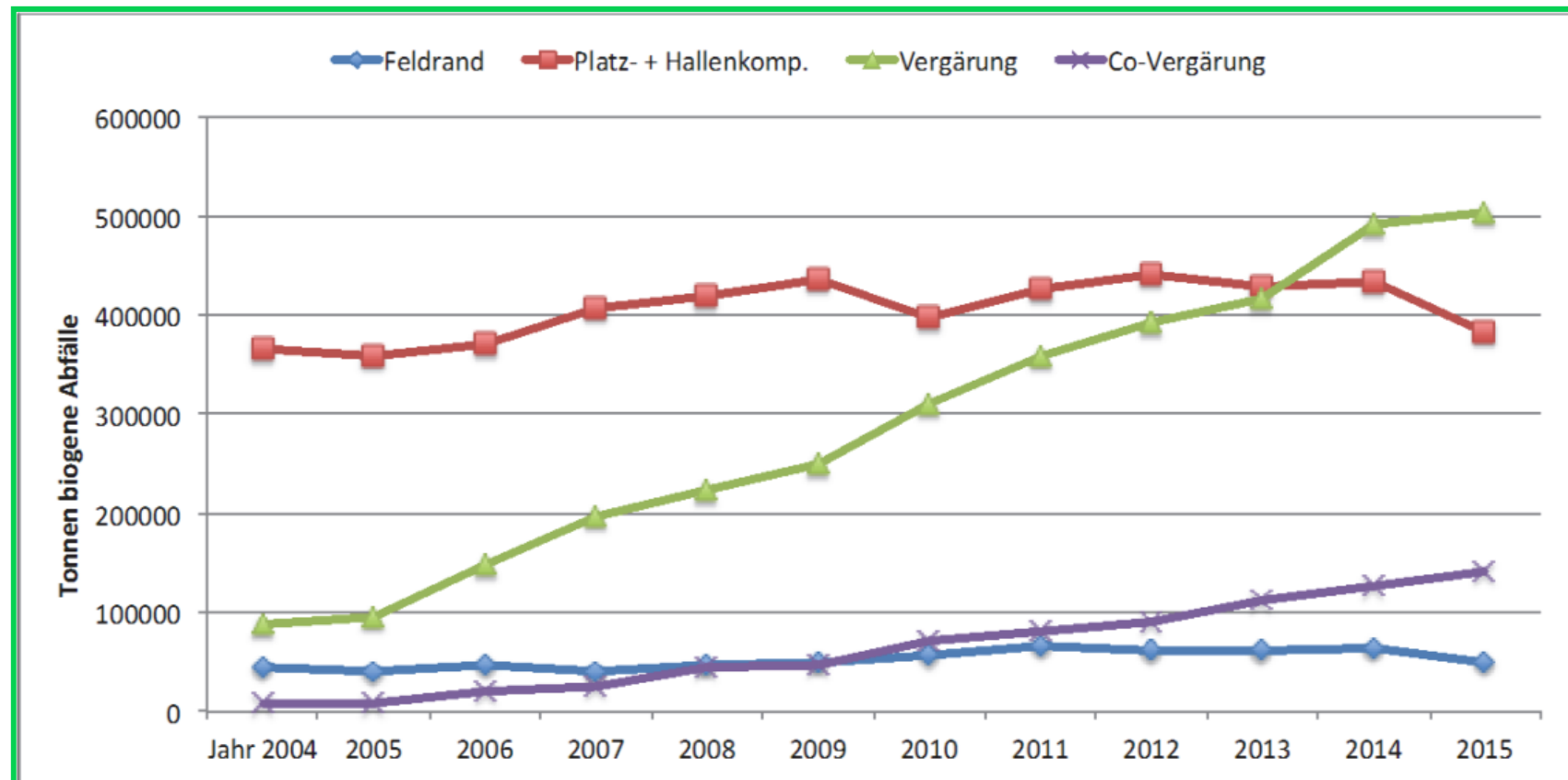
Werner Edelmann, Dr. sc. nat. ETH
info@arbi.ch

Yves Membrez, ing.civil HES/UTS
yves.membrez@erep.ch



Ausgangslage

- In der Schweiz wird immer noch (zu) viel kompostiert



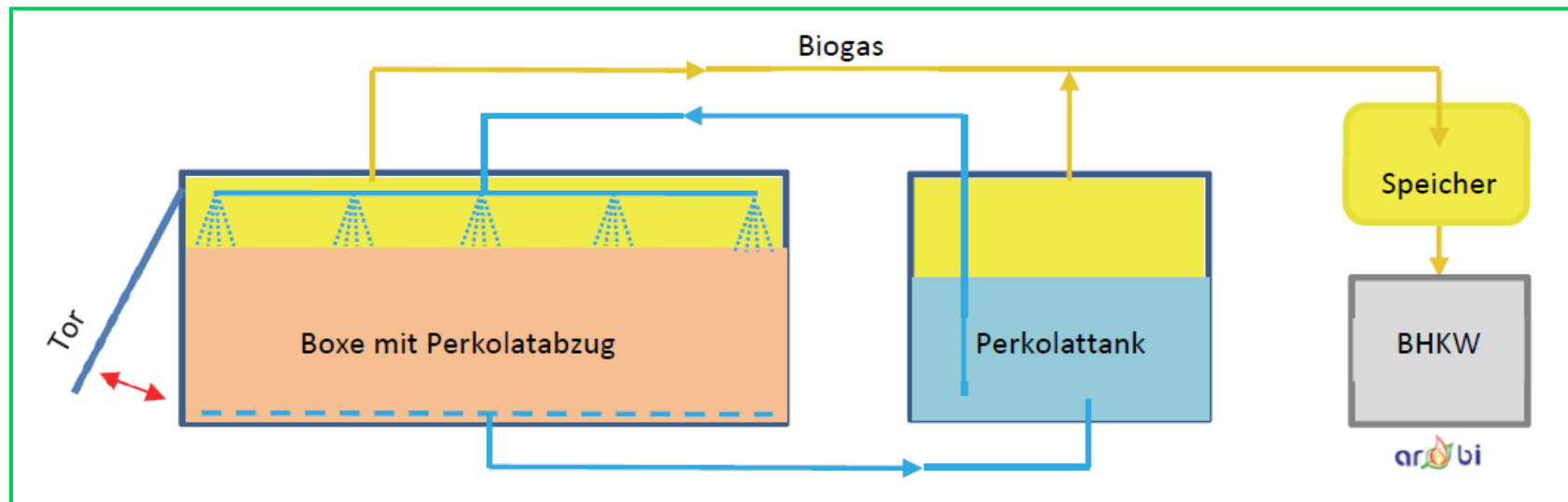
- Heute sind einfache Systeme zur Boxenvergärung auf dem Markt

Fragestellungen

- Ist das Vorschalten einer Boxenvergärung möglich?
- Wer bietet Boxenvergärung an?
- Was ist speziell an den Verfahren?
- Wie viele Platzkompostierungen verarbeiten > 2000 t/a?
- Wie gross ist der Anteil der Platzkompostierungen, wo eine vorgeschaltete Boxenvergärung sinnvoll sein könnte?
- Wie steht es mit den Kosten?
- Wie präsentiert sich die Situation bzgl. gasiger Emissionen?
- Wie gross ist das zusätzliche Biogaspotenzial?
- Schlussfolgerungen?

Prinzip der Boxenvergärung

- Batchverfahren (uralt!)
- Biogener Abfall wird beheizt und perkoliert (Kreislauf)



- Beim Füllen/Entleeren dringt Luft in die Boxe

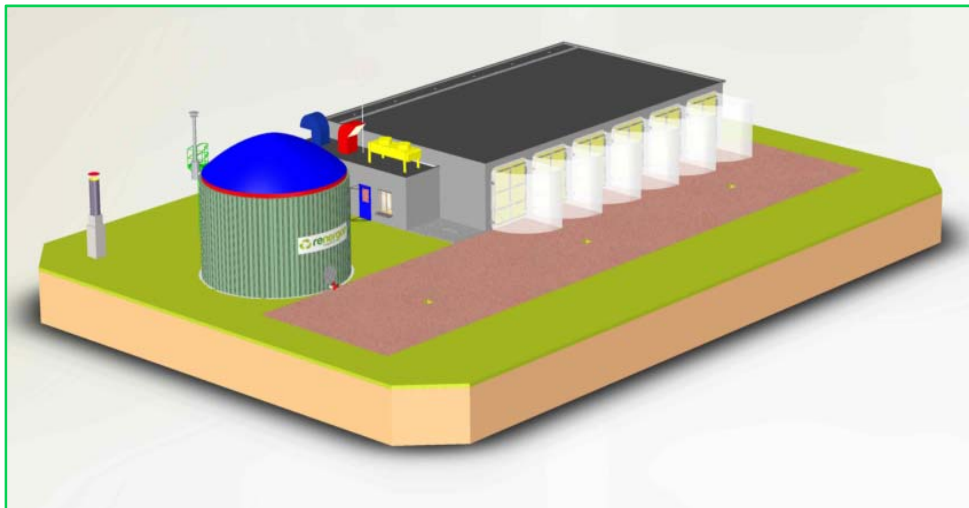
Anbieter von Boxenvergärung

- 20 Firmen angeschrieben
- Angaben erhalten von:

1	Renergon International AG	CH - 8280 Kreuzlingen
2	Eggersmann Anlagenbau Kompoform GmbH	D - 45966 Gladbeck
3	BEKON GmbH	D - 85774 Unterföhring / München
4	BioFerm Schmack Biogas GmbH	D - 92421 Schwandorf
5	DeNaBa	D - 31719 Wiedensahl
6	Pöttinger Entsorgungstechnik GmbH	A - Grieskirchen
7	Naskeo-Methajade	F - 44340 Bouguenais
8	Sud-Ouest Biogaz	F - 31100 Toulouse
9	Agri Environnement	F - 81600 Montans

(grün: Beton, grau: Stahlcontainer, rot: anaerobes Fahrsilo)

Anlagenbeispiele



Erfassen: Platzkompostierung > 2'000 t/a

Datenblätter mit

- Adresse
- Koordinaten
- Verarbeitungsmengen
- Erschliessung
- Distanz Siedlungsgebiet
- Raumplanungszone
- Wärmenutzung
- Platzverhältnisse

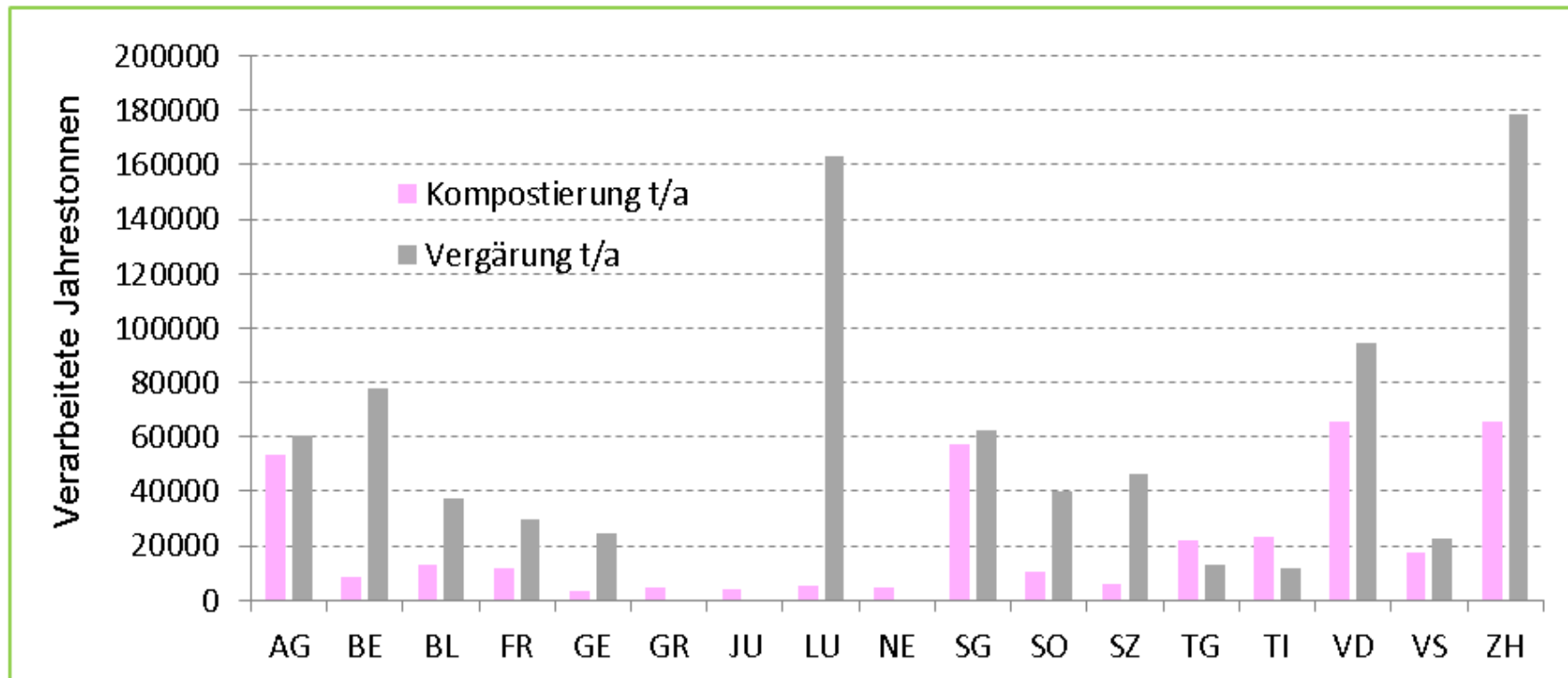
Tessin (5)	
Betreiber	Compodino SA
Adresse	Tomì Gnehm, Compodino Via al Carcale 5, 6596 Gordola
Koordinaten	710846, 114532 (heute: <input type="text"/> t/a)
Mengen (in Jahrestonnen)	
Grüngut Gemeinden	
Gartenbau und Landschaftspflege	
Industrie	
total	
Erschliessung	In Magadinoebene über Feldsträsschen
Distanz zum Siedlungsgebiet	rund 1 km
Zone (Raumplanung)	eidg. nicht ausgewiesen, in Landwirtschaftszone ?
Wärmenutzung	am aktuellen Standort keine
Platzverhältnisse	neue Standorte wurden gesucht und wären vorhanden
Bemerkungen	Compodino versucht seit Jahren eine Anlage zu bauen; Widerstand!



Verarbeitungsmengen in Anlagen > 2'000 t/a

Kantone	2'000-5'000 t/a		5'000-10'000 t/a		> 10'000 t/a		Total	Vergärung	
	Anzahl	t/a	Anzahl	t/a	Anzahl	t/a	t/a	t/a	Anteil
AG	9	33'500	1	9'564	1	10'159	53'223	36'672	41%
BE	1	2'194	1	6'273			8'467	53'997	86%
BL	2	7'085	1	5'794			12'879	30'568	70%
FR					1	11'620	11'620	29'137	71%
GE	1	3'597					3'597	24'274	87%
GR	1	4'505					4'505		0%
JU	1	4'000					4'000		0%
LU	2	5'203					5'203	81'355	94%
NE	1	4'649					4'649		0%
SG	1	2'702	3	20'315	1	33'922	56'939	45'427	44%
SO					1	10'097	10'097	33'723	77%
SZ			1	5'583			5'583	7'992	59%
TG	4	15'158	1	6'541			21'699	9'329	30%
TI	5	14'486	1	8'763			23'249	2'564	10%
VD	3	6'426	4	32'647	1	26'683	65'756	78'037	54%
VS	2	7'400			1	10'000	17'400	22'365	56%
ZH	7	22'338	4	31'318	1	12'082	65'738	152'753	70%
Total	40	133'243	17	126'798	7	114'563	374'604	608'193	62%

Verhältnis Kompostierung und Vergärung nach Kantonen



Kantone mit keinen grösseren Platzkompostierungen sind nicht aufgeführt; ggf. grössere Biogasanlagen vorhanden (ZG, OW, AR) oder bescheidene Abfallverwertung neben dezentraler Kompostierung.

Abschätzung der Eignung von Anlagen

Kt.	1. Priorität		2. Priorität		3. Priorität	
	Nr.	t/a	Nr.	t/a	Nr.	t/a
AG	3	3'107	1	2'742	5	3'472
	4	3'749	2	2'157		
	6	4'386	7	4'736		
	9	9'564	8	4'426		
	11	10'159	10	4'770		
BE			2	6'273	1	2'194
BL	1	2'420	3	5'749		
	2	4'665				
FR	1	11'620				
GE			1	3'597		
GR			1	4'505		
JU	1	4'000				
LU			1	2'997		
			2	2'206		
NE	1	4'649				
SG	2	6'794	1	2'702		
	3	6'142				
	4	7'379				
	5	33'922				
SO	1	10'097				
SZ			1	5'583		
TG	2	3'698	1	4'658	3	1'998
	5	6'541			4	4'804
TI	3	3'996	6	4'467	1	2'300
	5	8'763			2	1'834
					4	1'889
VD	2	26'683	1	2'373	5	2'067
	3	8'823	4	7'728	7	1'986
	6	6'966	8	9'130		
VS	1	3'800	2	3'600		
	3	10'000				
ZH	3	3'355	5	2'413	1	2'407
	4	4'685	7	4'325	2	2'298
	8	6'281	10	7'390	6	2'855
	9	8'127				
	11	9'520				
	12	12'082				
Total		245'973		98'527		30'104

Biogaspotenzial und Emissionen

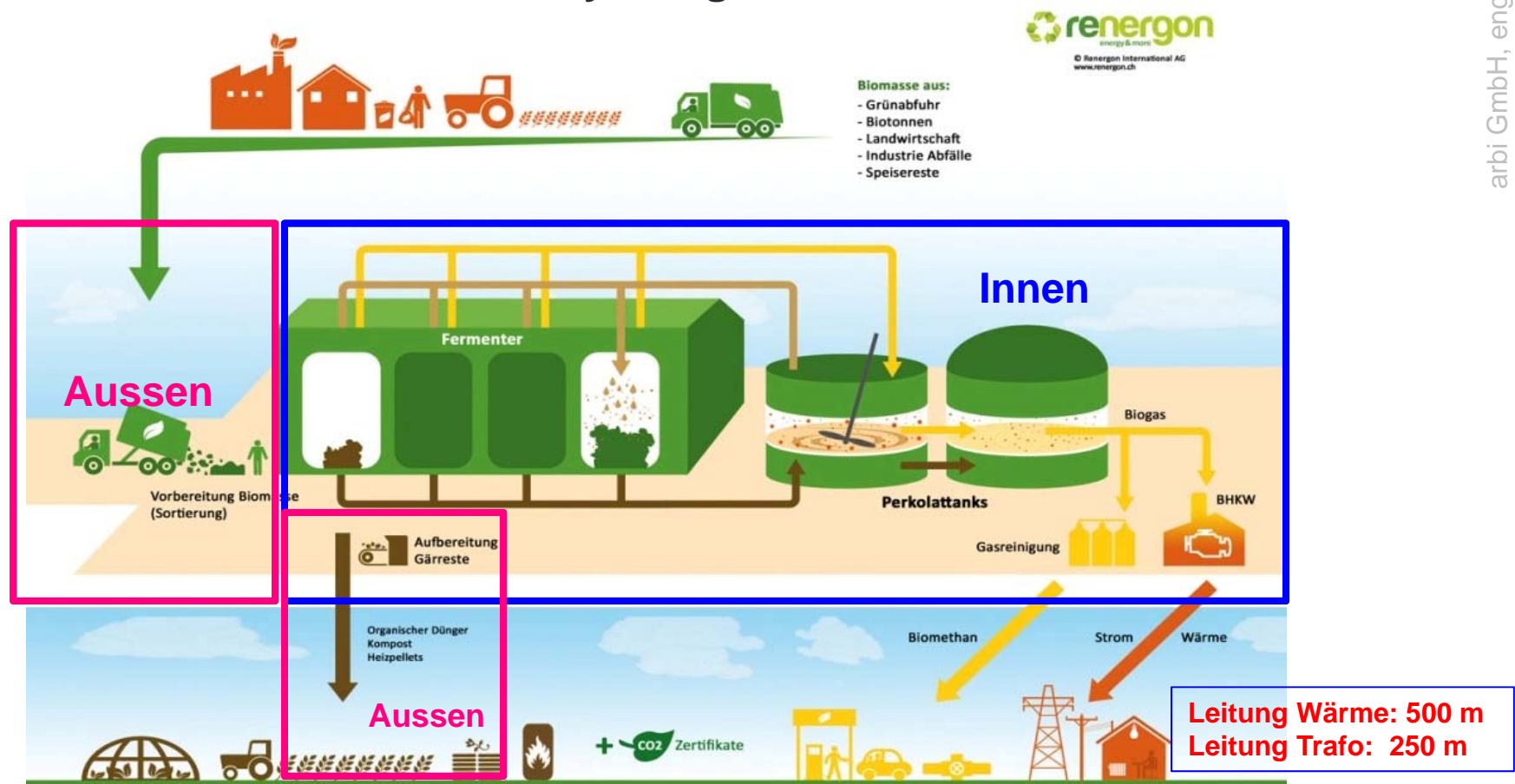
- 100 % 1. Priorität + 80% 2. Priorität = ~325'000 t/a
- Bei 90 m³ Biogas/t : ~29 Mio m³ Biogas
- Bei 5,8 kWh/m³ : brutto 170 GWh/a
- Bei $\eta_{el} = 38\%$: brutto ~ **65 GWh Elektrizität** pro Jahr

Emissionen:

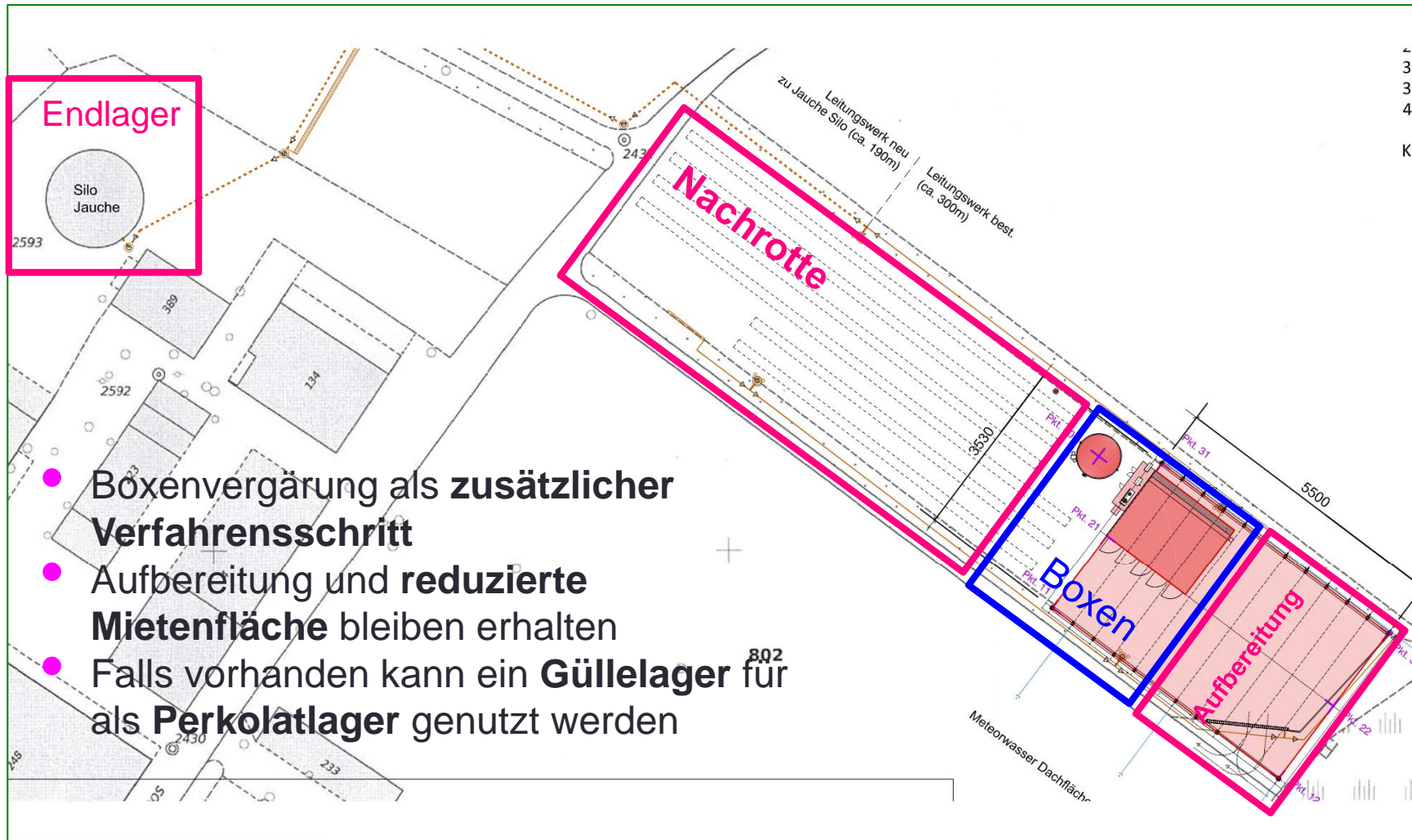
- Geruchssituation wird verbessert
- Ammoniakemissionen sind bei guter Nachrotte vergleichbar
- Methanemissionen aus der Nachrotte tendenziell kleiner;
Emissionen beim Entleeren plus Schlupf sind i.d.R. kleiner als 500 g/t Input

Ökonomie der Boxenvergärung - Systemgrenzen

- Anlagentechnik: Einholen von Offerten für Standardgrößen 5'000 und 2'500 t/a
- Bauteil: eigene Erfahrungswerte und Richtpreisangebote
- Alle Angebote wurden auf vergleichbaren Stand gebracht, d.h. rechnen mit **identischen Annahmen** und **Systemgrenzen**.

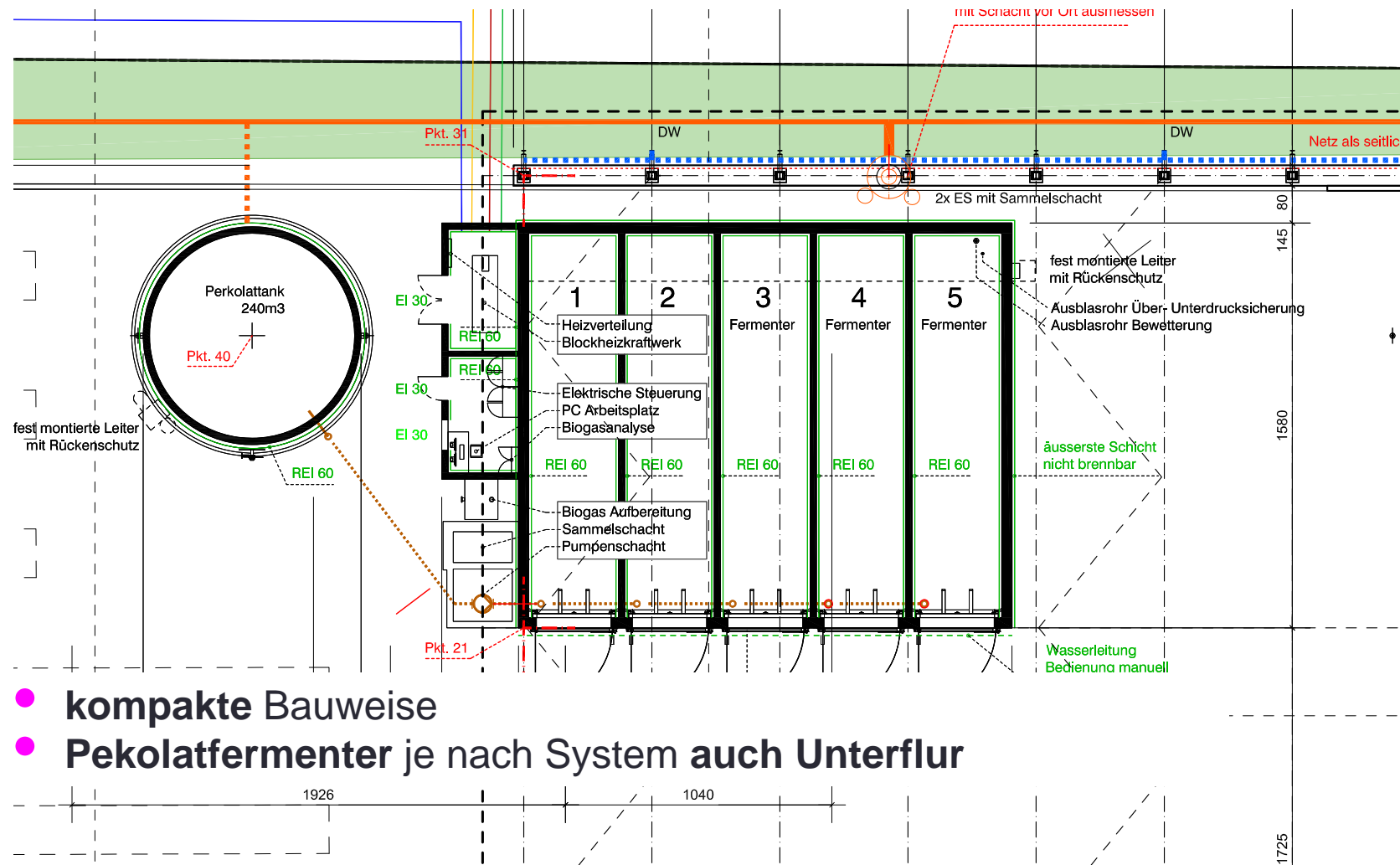


Modellprojekt mit Integration in Kompostplatz



Leitung Wärme: 500 m
Leitung Trafo: 250 m

Verfahrensschritt Boxenvergärung im Detail



- **kompakte Bauweise**
- **Pekolatfermenter je nach System auch Unterflur**

Platzbedarf Boxenvergärung: ca. 35 x 20 m = 700 m²

Investitionskosten - Überblick

Grössenklasse (Jahresdurchsatz)	um 2'500 t/a	um 5'000 t/a	um 12'000 t/a
Anlagenanbieter	Pöttinger Renergon	Bekon/Eggersmann Methajade Pöttinger Renergon Sud-Oest Agrithane ² DeNaBa ³	BEKON ⁴ Eggersmann ⁴ Schmack ⁵
Preisspanne (ohne bauseitige Zusatzkosten) ⁶	0.9 – 1.5 Mio	1.5 – 2.5 Mio	3.6 – 6.0 Mio
Preisspanne (mit bauseitigen Zusatzkosten) ⁶	1.2 – 2.0 Mio	1.8 – 3.1 Mio	4.2 – 8.0 Mio

² Nur zwei Fermenter; entspricht nicht den gestellten Ansprüchen in Bezug auf den Betrieb

³ Angebot unvollständig; müsste abgeklärt werden, ob die CH-Anforderungen erreicht werden können

⁴ Vorhandene Offerten aus der Zeit unmittelbar vor der Fusion

⁵ Schmack reichte nur eine Offerte für 12'000 t/a ein

⁶ Kosten, wie Anbindung der Anlage ans Strom und Wassernetz, Gebühren, Bewilligungsverfahren etc.; bauseitige Kosten können standortabhängig sehr stark variieren

Bauseitige Zusatzkosten

In den Investitionskosten berücksichtigt:

- Erdarbeiten Bodenplatten
- Vorplatz Boxenfermenter
- Foundation BHKW-Container
- Entwässerung, Werkleitungen
- Strom, Telefon, IT
- Leitung Trafostation 250 m
- Leitung Wärmenetz 500 m
- Umweltverträglichkeitsbericht
- Baugrunduntersuchung
- Bauplanung, Abnahmen mit Behörden
- Standortabhängige Vorgaben und Auflagen
- Unvorhergesehenes
- ggf. Eigenleistungen ?!

Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsrechnung

- **Abschreibedauern:** Bauteil 20 a; BHKW 8 a; Maschinen und andere Komponenten nach praxisüblichen Ansätzen
- **Wartung / Unterhalt:** 1-1.5 % individuell je nach Komponente (Bauteil, Maschinen etc.)
- **Zinssatz:** 2,5 %
- **Biogasertrag:** 90 m³/t FS mit 5.8 kWh/m³
- Mittlerer **Wirkungsgrad BHKW:** 37%
- **Strompreis** gemäss KEV: 26,6 Rp./kWh
- **WKK-Bonus KEV:** 2,5 Rp/kWh
(falls > 60% Nutzung der Bruttoproduktion von Wärme):
- **Wärmenutzung extern:** 40% vom Wärmeüberschuss (konservativ), 4 Rp./kWh
- **Aufwand** und Ertrag der **Kompostierung** werde **nicht beeinflusst!**
(konservative Annahme, da Kosten für (Nach-)Kompostierung i.d.R. sinken!)

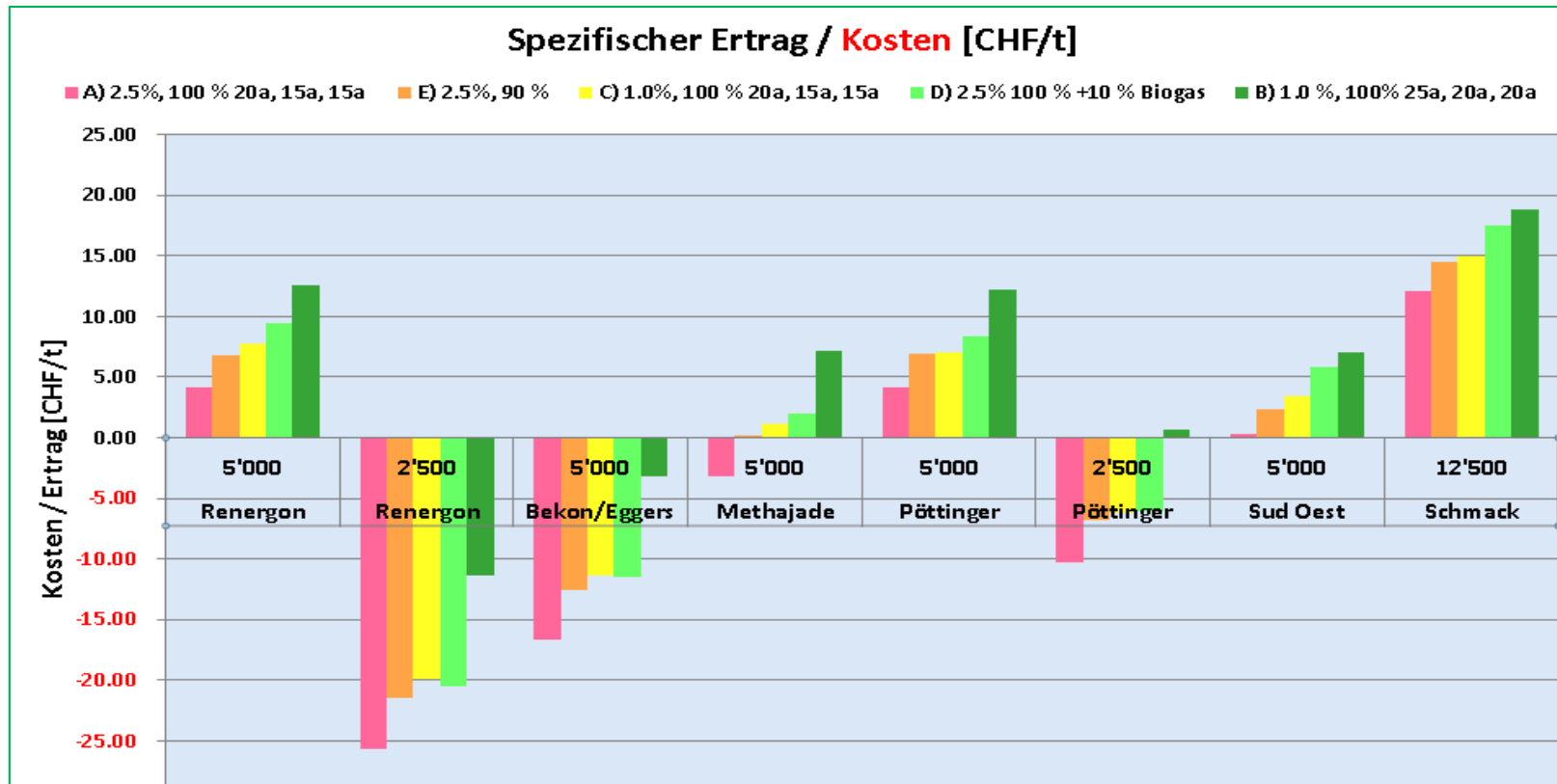
Aufwand und Ertrag: Wirtschaftlichkeit

EREP SA

Varianten Durchsatz	t/a	Renergon 5'000	Renergon 2'500	Bekon/Egg. 5'000	Methajade 5'000	Pöttinger 5'000	Pöttinger 2'500	Sud Oest 5'000	Schmack 12'500
Fermenter	Anzahl	4	4	4	4	10	5	4	4
Total Investitionen, ohne MWST		2'025'000	1'660'000	3'045'500	2'533'882	1'696'013	1'182'314	1'765'504	4'199'000
Total Annuitäten pro Jahr		128'093	100'535	180'475	154'667	99'951	71'484	121'110	271'021
Total Betriebskosten:	CHF/a	83'128	52'164	99'041	90'487	74'132	42'068	76'859	190'902
Total jährlicher Aufwand	CHF/a	211'221	152'699	279'516	245'154	174'084	113'553	197'969	461'923
Total jährlicher Ertrag		274'150	124'245	263'436	280'896	234'891	115'158	233'017	696'917
Betriebsergebnis	CHF/a	62'929	-28'454	-16'080	35'742	60'807	1'605	35'048	234'994
Spezifischer Ertrag / Kosten	CHF/t	12.59	-11.38	-3.22	7.15	12.16	0.64	7.01	18.80

- Investitionen total: Anlagekosten plus geschätzte bauseitige Zusatzkosten
- Aufwand: Annuitäten Kapital plus Betriebskosten
- Betriebskosten: Personalkosten für Vergärung, Unterhalt Anlage, Betriebsmittel, Versicherungen, QM etc.
- Ertrag: verkaufte Energie; (**nicht**: Annahmegebühr Abfall!)

Sensitivitäten



Varianten		A Basis	B	C	D	E
Zins	%	2.5	1.0	1.0	2.5	2.5
Investition	%	100	100	100	100	90
Abschreibedauer Bau	Jahre	20	25	20	25	20
Abschreibedauer Technik	Jahre	15	20	15	15	15
Abschreibedauer Nebenkosten	Jahre	15	20	15	15	15
Abschreibedauer BHKW	Jahre	8	8	8	8	8
Biogasproduktion	%	100	100	100	110	100

Gründe für ggf. bessere Wirtschaftlichkeit

- Aufwand für Nachkompostierung sinkt (weniger umsetzen!)
- Günstige lokale Voraussetzungen (Wärmenutzung nahe vor Ort, passende Infrastruktur, guter Baugrund etc.)
- ggf. weniger „Unvorhergesehenes“ (CHF 100'000) beim Bau
- Eigenleistungen
- Möglichkeit, auch Küchenabfälle in grösserem Umfang anzunehmen, da Hygienisierung gewährleistet ist
 - ➔ grössere Verarbeitungsmengen, d.h. mehr Einnahmen aus Annahmegebühren und Energieverkauf

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Auf Platzkompostierungen > 2'000 t/a wurden 2014 rund 375'000 t biogener Abfall kompostiert
- Heute sind relativ günstige Boxenvergärungen erhältlich, die auch auf Anlagen < 5'000 t/a wirtschaftlich betrieben werden können
- Die gasigen Emissionen einer Vergärung mit Nachrotte sind mit jenen einer reinen Kompostierung vergleichbar
- mittelfristig können zusätzlich über 300'000 t/a anaerob vorbehandelt werden, was rund 30 Mio m³ Biogas erzeugen kann
- Damit sogar noch mehr Biogas gewonnen und noch mehr Nährstoffe rezykliert werden können, sind begleitende Massnahmen sinnvoll:

Empfohlene Massnahmen

- Information der Betreiber von Platzkompostierungen
- Weiterführung der KEV oder aber ähnliche Fördermassnahme
- Information von Behörden und Fachstellen bei Kantonen und Gemeinden, um die Umsetzung von Projekten zu erleichtern
- zusätzliche Anstrengungen, um wo immer möglich die separate Einsammlung einzuführen, bzw. zu verbessern
- Zusammenlegen / professionalisieren von kleinen Kompostplätzen, was zusätzliche Standorte für die Boxenvergärung schafft

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Hans Engeli und Werner Edelmann

Download Studie: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=37101>