

Energiebilanz einer Klärschlamm-trocknung

- I. Gut strukturierte Projekte sind sinnvoll.
- II. Der KWK-Bonus gemäß EEG 2009 ist möglich.
- III. Ein praktikables Nachweisverfahren zum Ersatz fossiler Energieträger (=Energiebilanz) liegt vor.
- IV. Beratung und Starthilfe gibt es auch.

Workshop Nr. 3: Wärmenutzung bei Biogasanlagen, 3.2.09, 9 – 12 Uhr
Referent Nr. 2: Dipl.-Vwt. Martin Lohrmann, Sulz a.N.

I. Ist eine Klärschlamm-trocknung überhaupt sinnvoll? Ja, wenn ...

1. Klärschlamm getrocknet wird, der einen ausreichend hohen **oTS-Gehalt aufweist**, so dass er das Potenzial zum Brennstoff hat:
 - $>46\%$ oTS \rightarrow 9 MJ/kg ist sinnvoll
 - Diagramm Heizwerte in Abhängigkeit vom oTS-Gehalt
2. Die Trocknung überwiegend mit **Abwärme** und nicht durch den Verbrauch an Primärenergie erfolgt.
 - Diagramm Primär- und Sekundärenergieträger
3. Er auf **$>90\%$ TR** bzw. $w < 10\%$ getrocknet wird (= sog. Volltrocknung), um eine Energiedichte von 9 – 13 MJ/kg zu erreichen, die den Trockenklärschlamm für eine industrielle Verwertung wirtschaftlich interessant macht.
 - Diagramm Heizwerte in Abhängigkeit vom Wassergehalt

I. Ist eine Klärschlamm-trocknung überhaupt sinnvoll? Ja, wenn ...

4. Durch das neue Projekt eine **sinnvolle Regionalisierung** der Stoffströme bewirkt wird.
 - Siehe die Entsorgungssituation in Süddeutschland.
5. Durch das neue Projekt nicht eine bereits bisher gute regionale Trocknung mit Abwärme und effiziente Verwertung zunichte gemacht wird.
 - Fragen aus dem Fachgespräch vom 3.12.08 in Kassel.
6. In Kooperation mit den Kommunen der Umgebung und Entsorgungsunternehmen für viele Jahre so viel Klärschlamm zur Trocknung mobilisiert wird, dass **die Wärme der KWK-Anlage ganzjährig für viele Jahre weitgehend genutzt** wird.
 - Der Aufbau dieser Kooperationen kostet zunächst Zeit und Geduld, ist aber für ein langfristig gutes Projekt unerlässlich.

I. Ist eine Klärschlamm-trocknung überhaupt sinnvoll? Ja, wenn ...

7. Der Klärschlamm zunächst **mechanisch gut entwässert** wird, damit für seine Trocknung nicht zu viel Energie benötigt wird.
 - Die Kläranlagenbetreiber dafür sensibilisieren; die Entwässerung kontrollieren und soweit möglich optimieren.
8. Trocknungsverfahren mit günstigem thermischem und elektrischem **Energieverbrauch** eingesetzt werden.
 - Es gibt derzeit mindestens 5 Herstellerfirmen, die geeignete Trocknungsanlagen liefern, wobei sich nicht jede Trocknung für jedes Projekt eignet. Alle haben ihre Stärken und Schwächen.
9. Der Trockenklärschlamm als **Sekundärbrennstoff** verwertet wird und so fossile Energieträger ersetzt.
 - Die Zementindustrie setzt in zunehmendem Umfang Trockenklärschlamm als Sekundärbrenn- und –rohstoff ein.

I. Ist eine Klärschlamm-trocknung überhaupt sinnvoll? Ja, wenn ...

10. Auch diese **Verwertung effizient** im Sinne der Einsparung von fossiler Primärenergie erfolgt.
 - Mitverbrennung ist besser als Monoverbrennung.
11. Der Klärschlamm nicht mit **Schadstoffen** belastet ist, die seiner industriellen Verwertung im Wege stehen.
 - Klärschlamm-Analyseberichte kontrollieren (Q- und P-Gehalt)
12. Wir sollten mittelfristig Wege finden, das nährstofflich wertvolle **Phosphat** bereits vor der Klärschlamm-trocknung aus dem Abwasser oder Klärschlamm herauszuholen, um den Zielkonflikt „energetische versus stoffliche Verwertung“ optimal zu lösen.
 - Stehen die MAP-Fällung (neues Verfahren) und die Urinseparierung (neue Projekte) vor dem Durchbruch?

II. Der KWK-Bonus gemäß EEG 2009: Die Anspruchsvoraussetzungen

Die Wärmenutzung zur Klärschlamm-trocknung steht nicht in der Positivliste der Anlage 3 des EEG 2009, kann aber über die Generalklausel Nr. I.3 geltend gemacht werden, sofern

- **die Wärmenutzung nachweislich fossile Energieträger ersetzt, und zwar muss 1 kWh Biomasse-Abwärme mindestens 0,75 kWh fossile Energie ersetzen,**
- durch die Wärmebereitstellung mindestens 100 Euro pro kW Wärmeleistung Mehrkosten entstehen,
- und ein Umweltgutachter in einem Gutachten bestätigt, dass diese Voraussetzungen erfüllt sind (Anlage 3, II.2)

II. Der KWK-Bonus gemäß EEG 2009: Wie groß ist die Chance auf den Bonus?

Die Chance, den KWK-Bonus zu erhalten, ist für sorgfältig geplante Projekte gut, weil die Bausteine, die auf die Energiebilanz einwirken, geordnet sind:

- Es gibt inzwischen ausgereifte **Technikangebote** für eine energieeffiziente Trocknung.
- Es sind bereits 10 von insgesamt 34 **Zementwerken**, in denen Trockenklärschlamm verwertet wird.
- Es gibt 16 Anlagen in Betrieb, mit deren Betreibern man **Betriebserfahrungen** austauschen kann.
- Es gibt in der Entsorgungswirtschaft **Logistikpartner**, die den Betreibern eine Vollauslastung der Anlage und Entsorgungssicherheit anbieten.

Hersteller von Trocknungsanlagen mit Referenzen für die Niedertemperaturtrocknung von Klärschlamm

- **KULT-Bandrockner**, beginnend bei 300 kg/h Wasserentzug
 - Hans Huber AG, Berching
www.huber.de Tel. 08462 / 201-0 bzw. -270
- **Pro-Dry-Bandrockner**, beginnend bei 300 kg/h Wasserentzug
 - Klein Technical Solutions GmbH, Niederfischbach
www.klein-news.de Tel. 02734 / 43 480 – 0 bzw. - 50
- **SEVAReco-Bandrockner**, beginnend bei 600 kg/h Wasserentzug
 - Sevar Anlagentechnik GmbH, Karlsruhe
www.sevar.de Tel. 0721 / 5001 – 0 bzw. 385
- **Sonnenhaus** mit Fußbodenheizung (EDZ-Verfahren)
 - Roediger BioEnergie GmbH, Hanau
www.roediger-bioenergie.de Tel. 07474 / 951016 oder 0173 8506524
- Warmluft durch Klärschlamm auf **Lochboden** (Kraus-Verfahren)
 - Kraus Umwelttechnik, Ühlingen-Birkendorf
kraus-umwelttechnik@t-online.de Tel. 07743 / 348 oder 0171 753 8299₈

Trockenklärschlamm verwertende Zementwerke (Stand Jan09)

Standort des Zementwerkes		Unternehmen	Ersetzt wird	PEF
PLZ	Ort			
15558	Rüdersdorf	CEMEX-Gruppe	Braunkohle	1,2
67307	Göllheim	Dyckerhoff AG		
	Luxemburg	Dyckerhoff AG		
89601	Schelklingen	HeidelbergCement AG	Braunkohle	1,2
33106	Paderborn	HeidelbergCement AG	Braunkohle	1,2
93133	Burglengenfeld (im Genehmigungsverfahren)	HeidelbergCement AG	Steinkohle	1,1
72359	Dotternhausen	Holcim-Konzern	Steinkohle	1,1
86655	Harburg (z.Z. nur Lokal- projektgenehmigung)	Märker Zement GmbH	Steinkohle	1,1
89522	Mergelstetten	Schwenk Zement KG		
89604	Almendingen	Schwenk Zement KG		
97753	Karlstadt	Schwenk Zement KG		
06406	Bernburg	Schwenk Zement KG		

Zu Schwenk Zement KG: Sie nimmt den Trockenklärschlamm nicht direkt an, sondern mobilisiert ihn über Kooperationen mit E.ON und MSE.

Zeichenerläuterung: PEF = Primärenergiefaktor für die Energiebilanzierung

Charakteristische Eigenschaften von Trockenschlamm

gemäß Klärschlammverwertungsvertrag zwischen HeidelbergCement AG und dem „Unternehmer“ (Punkte 1 und 5 aus Platzgründen weggelassen)

2. Der zur Verwertung bestimmte TGKS wird blasfähig per Silo-Lkw angeliefert und ist pneumatisch förderbar. Das Größtkorn darf max. 10 mm betragen und der Anteil des Größtkorns an der Sieblinie darf 5 Prozent nicht überschreiten. **An der Abholstelle befindet sich ein Vorratssilo für den TGKS, welches mit einer Durchfahrtshöhe von 4,20 m für die Beladung unterfahrbar ist.**

3. Der zur Verwertung bestimmte TGKS muss frei von Fremdstoffen sein und muss zum Zeitpunkt der Anlieferung im Zementwerk einen Trockensubstanzgehalt von größer oder gleich 90% je Einzellieferung aufweisen.

4. Der Gehalt an Quecksilber des zur Verwertung bestimmten TGKS darf im Mittel 1 mg/kg bezogen auf die Trockensubstanz nicht überschreiten. Die Verwertung von Einzellieferungen des zur Verwertung bestimmten TGKS mit einem Quecksilbergehalt von größer 1,5 mg/kg bezogen auf die Trockensubstanz ist im Zementwerk ausgeschlossen.

6. Der Unternehmer wird die Untersuchungsergebnisse nach § 3 Abs. 5 und 6 AbfKlärV regelmäßig der HCAG vorzulegen.



Klärschlamm-Trocknungsanlagen, Ende 2008 in Betrieb

	Trockner	steht	Kapazität	Standort der Trocknung	
	Anlagentyp	bei	t/a	PLZ	Kommune
1	BT ProDry	KA	17.500	38448	Wolfsburg, Klärwerk
2	BT ProDry	KA	4.000	49124	Georgsmarienhütte
3	Sonnenhaus	BGA	9.000	54518	Platten
4	Sonnenhaus	BGA	5.000	67126	Hochdorf-Assenheim
5	Sonnenhaus	BGA	1.500	72172	Sulz a.N., Birkhof
6	Sonnenhaus	BGA	4.000	73111	Lauterstein, Albhof
7	BT SEVAR	BGA	7.000	78652	Deißlingen
8	Lochboden	BGA	3.400	78727	Oberndorf-Bochingen
9	Lochboden	BGA	2.000	79801	Hohentengen-Bergöschingen
10	Sonnenhaus	BGA	3.200	86497	Horgau
11	Sonnenhaus	BGA	5.000	86733	Alerheim
12	BT ProDry	KA	6.500	88239	Wangen i.A.-Pflegelberg
13	Lochboden	BGA	3.500	88630	Pfullendorf
14	BT KULT	KA	6.000	93098	Mintraching, Kläranlage
15	Sonnenhaus	KA	3.000	97294	Unterpleichfeld, Kläranlage

Anlagen in der Inbetriebnahmephase

16	Sonnenhaus	BGA	9.500	91578	Leutershausen
----	------------	-----	-------	-------	---------------

Addierte Kapazitäten 90.100 t/a entwässerter Klärschlamm

Zeichenerläuterung: KA=Kläranlage, BGA=Biogasanlage, Außenbereich







Projektpartner

Um genügend Schlamm für eine Vollaustattung zu mobilisieren, um Wärmereserven im Sommer voll zu nutzen und um einen Anlagenstillstand überbrücken zu können ist die Kooperation mit etablierten Fachunternehmen im Sektor der Klärschlammmentsorgung vorteilhaft:

- In Rheinland-Pfalz, Baden-W. und angrenzend ist der Serviceverbund der Stadtentwässerung Kaiserslautern über die Tochtergesellschaften WVE und FWE aktiv: www.wve-kl.de Tel. 0631 / 3723 – 128
- In Baden-Württemberg und Bayern wirbt die REKULAND GmbH für Projektkooperationen: www.rekuland.de Tel. 0751 / 553179

III. Energiebilanz einer Klärschlamm-trocknung - Grobstruktur

Energieaufwendungen für die MEKS-Trocknung

+ **Biomasse-KWK-Wärme** (V1)

+ **Zusatzwärme** (V2)

+ **Stromverbrauch** (V3)

= **Gesamtverbrauch VG**

Formel:

$EB - V2 - V3$

----- = NG in %

V1

Energieerträge der TRKS-Verwertung im Zementwerk

+ Einsparung an **Kohle** samt Voraufwendungen (E1)

+ Einsparung der Energie für die Herstellung der **Rohmehl**-Substitutionsmenge (E2)

+ Einsparungen bei den **Transporten** (E3)

= **Bruttoeinsparung (EB)**

- V2 - V3 = **Nettoeinsparung**

NG = Nutzungsgrad der Biomasse -KWK-Wärme im Sinne des EEG, d.h. im Sinne der Verdrängung fossiler Energie, wobei V2, V3 und E1 bis E3 auf Primärenergieeinheiten hochgerechnet wurden, um sinnvolle mathematische Berechnungen durchführen und Aussagen treffen zu können.

Datenerfassung und Berechnungen erfolgen mit einer Excel-Datei

- Keine Sorge! Was kompliziert aussieht, ist nicht mehr kompliziert, weil mit Unterstützung des FV Biogas eine Excel-Datei entwickelt und in vielen Kontakten abgestimmt und erprobt wurde:
 - Einmalige Erfassung aller **Stamm- und Strukturdaten**, damit der Gutachter das Erstgutachten erstellen kann.
 - Erstmalige Erfassung der **variablen Daten**. Kann jeder Betreiber später selber machen.
 - Sammlung der zugehörigen **Schreiben, Verträge und Belege**; übersichtliche Ablage in einem Ordner.
- Zeitaufwand: Datenerfassung mit der Datei 2 h, Gesamtaufwand für die Erstdokumentation 1 Tag.

Tab. 4.1 / Zusammenfassende Bilanzierung der Verdrängung von fossiler Energie durch die Nutzung der Biomasse-KWK-Wärme für die Klärschlammvolltrocknung

Trocknungs-Projekt / -anlage Waldhof 50, 72999 Sägmühlen
 Die Bilanz wurde erstellt mit: Planungsdaten aus der Spalte 1 von Tabelle 2.2
 für den Bilanzierungszeitraum: 01.01.2010 bis 01.01.2011 365 Tage

A) Bilanzierung der Energieverbräuche und der Energieeinsparungen

Energieverbrauch der Trocknung	kWh		Primärenergieeinsparungen	kWh	
V 1: Biomasse-KWK-Wärme	2.436.923	76,7%	ersetzt wird Steinkohle		
V2: Zusatzwärme (KEA)	297.846	9,4%	E1: Kohlebrennstoff (KEA)	2.647.869	94,1%
V3: Strom (KEA)	443.077	13,9%	E2: Rohmehlgewinnung (KEA)	70.166	2,5%
			E3: Klärschlammtransporte (KEA)	96.398	3,4%
Gesamter Energieeinsatz	3.177.846	100%	Gesamte Energieersparnis (fossil)	2.814.433	100%
Energiegewinn (+), Energieverlust (-)	-363.413	-11,4%	von der zugeführten Energiemenge		

Projektdate (Überblick)
Durchsatzmenge an entwässertem Klärschlamm im Bilanzierungszeitraum:
3.500 t
mit einem mittleren TR-Gehalt von 27,0%
und einem mittleren oTS-Gehalt von 45,0%
Erzeugte Trockenschlammmenge:
1.038 t
mit dem TR-Gehalt von 91,00%

B) Feststellung des Nutzungsgrades der Biomasse-KWK-Wärme

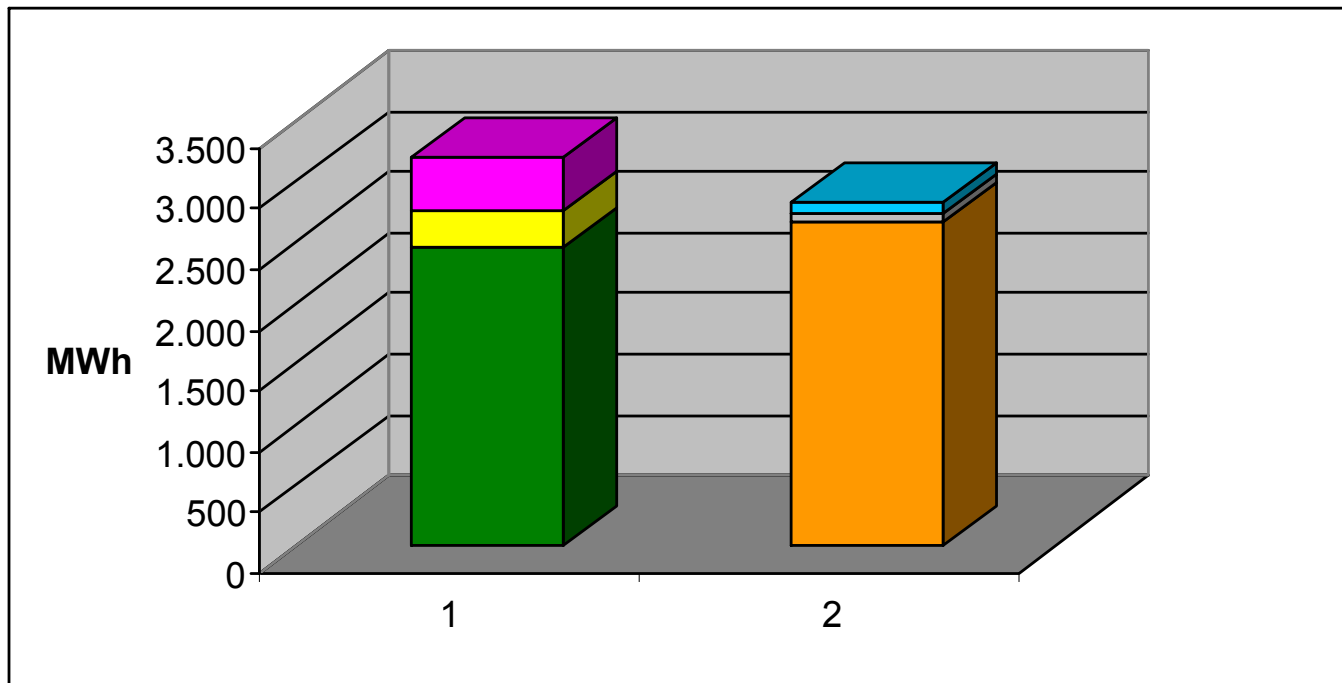
Gesamte Einsparung an fossiler Energie (KEA)	2.814.433 kWh
abzüglich V2 / Stromverbrauch (KEA)	-443.077 kWh
abzüglich V3/ Zusatzwärmeverbrauch (KEA)	-297.846 kWh
Verbleibender Einsparungsbetrag	2.073.510 kWh
Eingesetzte Biomasse-KWK-Wärme	2.436.923 kWh
Nutzungsgrad der Biomasse-KWK-Wärme	85,1%

c) Sonstige Feststellungen

Einsparung an Schwerlast-Transportkilometern 24.257 km

Energiebilanz, grafisch

	MWh	MWh	
Biomasse-KWK-Wärme	2.437	2.648	Einsparung Kohlebrennstoff im ZW/KW
Zusatzwärmeverbrauch	298	70	Einsparung bei der Rohmehlgewinnung
Stromverbrauch	443	96	Einsparung bei den KS-Transporten
Summe, Energiezuführung	3.178	2.814	Summe, Einsparung fossile Energie
Energiegewinn (+) / -verlust (-)	-363	85,1%	Nutzungsgrad der BM-KWK-Wärme



Excel-Datei Tab. 2.1

Tab. 2.1 / Planung der Auslastung der Klärschlamm-trocknung

Projekt / Anlage: Waldhof 50, 72999 Sägmühlen

Datenerfassung zur Planungsbilanz / Betriebsbilanz vom / bis 01.01.10 01.01.2011

Lieferquellen Bezeichnung	Liefer- mengen (t)	TR-Gehalt		oTS-Gehalt	
		in%	Tonnen	in%	Tonnen
Kläranlage 1	1.200,00	24,0%	288,0	50,5%	145,4
Kläranlage 2	800,00	23,0%	184,0	54,0%	99,4
Kläranlage 3	1.500,00	26,9%	403,1	47,8%	192,7
D			0,0		0,0
E			0,0		0,0
			0,0		0,0
			0,0		0,0
			0,0		0,0
			0,0		0,0
Sonstige	0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Summen+Durchschnittswerte	3.500,0 t	25,00%	875,1 t	50,00%	437,5 t

Die Berechnungsergebnisse aus den lila Feldern in Tabelle 2.2 Zeilen 1 bis 3 übertragen.

Excel-Datei, Tab. 2.2/A ausgefüllt mit Planungsdaten

			Eintragung	
			Planungsdaten	Betriebs-Istdaten
Die Werte, einzutragen in die Zeilen 1 bis 3, können mit der Tabelle 2.1 ermittelt werden				
1	Anlieferungsmenge, entwässerter Schlamm	Tonnen	3.500	0,0
2	TR-Gehalt	% TR	27,00%	0,00%
3	oTS-Gehalt	% oTS	45,00%	0,00%
4	Füllstand der Lager, Periodenanfang	Tonnen		0,0
5	Füllstand der Lager, Periodenende	Tonnen		0,0
6	Veränderung des Füllstands	Tonnen		0,0
7	Durchsatzmenge, entwässerter Schlamm	Tonnen	3.500	0,0
8				
9	Trocknungsziel	% TR	91,00%	0,00%
10				
11	Abholungsmenge, Trockenklärschlamm	Tonnen	1.038	0,0
12	Füllstand des Silos, Periodenanfang	Tonnen		0,0
13	Füllstand des Silos, Periodenende	Tonnen		0,0
14	Füllstandsveränderung	Tonnen		0,0
15	Produktionsmenge, Trockenklärschlamm	Tonnen	1.038	0,0
16				
17	Wasserentzugsmenge	Tonnen	2.462	0

Excel-Datei, Tab. 2.2/B

ausgefüllt mit Planungsdaten

			Eintragung	
			Planungsdaten	Betriebs-Istdaten
19	Wärmebedarf pro Tonne Wasserentzug	kWh/t	1.100	
20	davon abgedeckt durch KWK-Wärme	%	90,00%	
21	davon abgedeckt durch Zusatzwärmequelle	%	10,00%	
22				
23	Verbrauch an Biomasse-KWK-Wärme			
24	Zählerstand, Periodenanfang	kWh		0
25	Zählerstand, Periodenende	kWh		0
26	Verbrauch an KWK-Wärme	kWh	2.436.923	0
27				
28	Verbrauch an Zusatzwärme			
29	Zählerstand, Periodenanfang	kWh		0
30	Zählerstand, Periodenende	kWh		0
31	Verbrauch an Zusatzwärme	kWh	270.769	0
32				
33	Strombedarf pro Tonne Wasserentzug	kWh/t	60	
34				
35	Verbrauch an Strom			
36	Zählerstand, Periodenanfang	kWh		0
37	Zählerstand, Periodenende	kWh		0
38	Verbrauch an Strom	kWh	147.692	0

Ein Beispiel, wie in der Datei die Kohleersparung berechnet wurde*

Energieersparungsbetrag Nr. 1 (= E1)

Der Trockenklärschlamm ersetzt im Zementwerk Stein- oder Braunkohle

Erzeugungsmenge, Trockenschlamm	1.038 Tonnen
spezifischer Heizwert	8,78 MJ/kg
Heizwertmenge im Trockenschlamm	2.533.846 kWh
Im konkreten Fall wird ersetzt:	Steinkohle
Verdrängung von Kohleheizwerten, in Prozent	95%
Verdrängung von Kohleheizwerten, absolut	2.407.154 kWh
Primärenergiefaktor für Hochrechnung auf KEA	1,10
Primärenergieersparung, E1	2.647.869 kWh

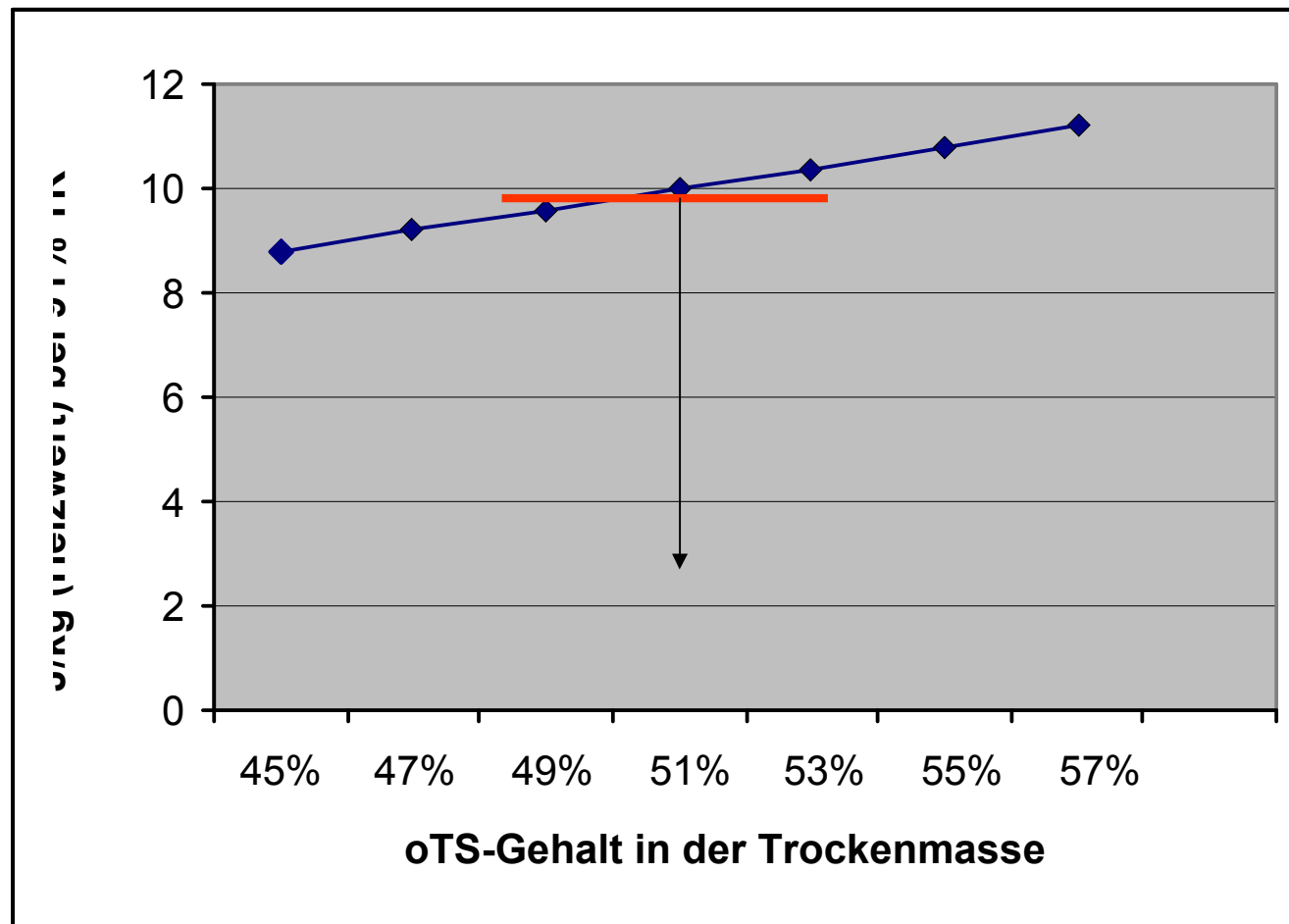
KEA = Kumulierter Energieaufwand; er umfasst alle Voraufwendungen für den Abbau und Transport der Kohle bis zum Zementwerk.

*) Diese Berechnung (und andere Berechnungen) erfolgen automatisch, weil alle Berechnungsschritte bereits vorprogrammiert sind.

Der 3Ct-KWK-Bonus ist wg. schwacher Energiebilanz gefährdet, wenn ...

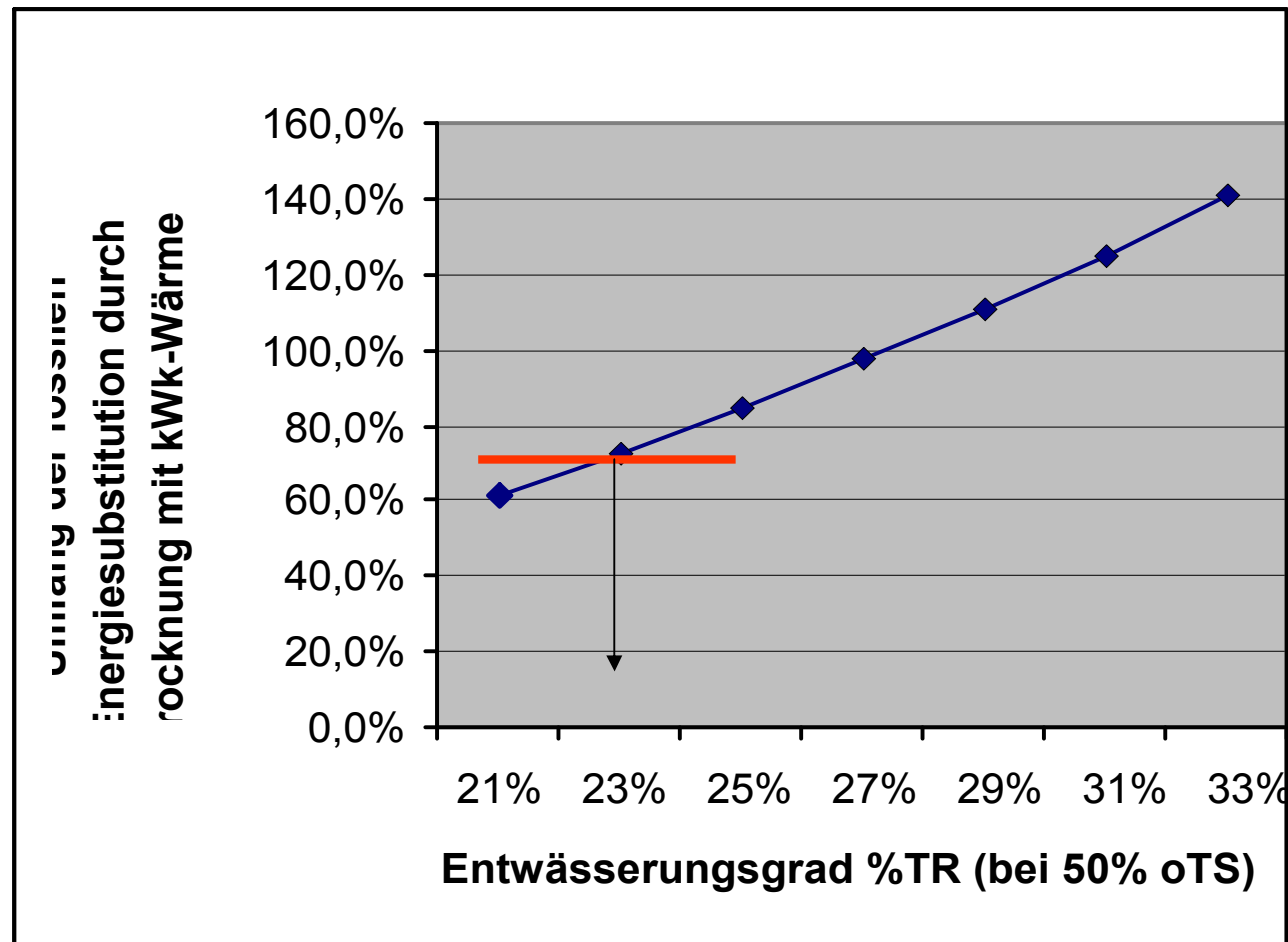
- Klärschlamm mit einem **niedrigen oTS-Gehalt** auch noch **schlecht entwässert** zur Trocknung gelangt
 - Die Trocknung mit einem **zu hohen Verbrauch** an thermischer und elektrischer Energie betrieben wird
 - Keine überzeugende energetische **Verwertung** des Trockenklärschlammes verfolgt wird.
- Wenn bereits bei der Projektplanung die energiekritischen Punkte gut bedacht werden, kommen Projekte zustande, für die der KWK-Bonus sicher sein dürfte, weil die Energiebilanz stimmt.
 - Eventuell einen Umweltgutachter zur Vorprüfung der Projektplanung anfordern.

Heizwert eines Trockenklärschlammes, getrocknet auf 91% TR, in Abhängigkeit von oTS-Gehalt



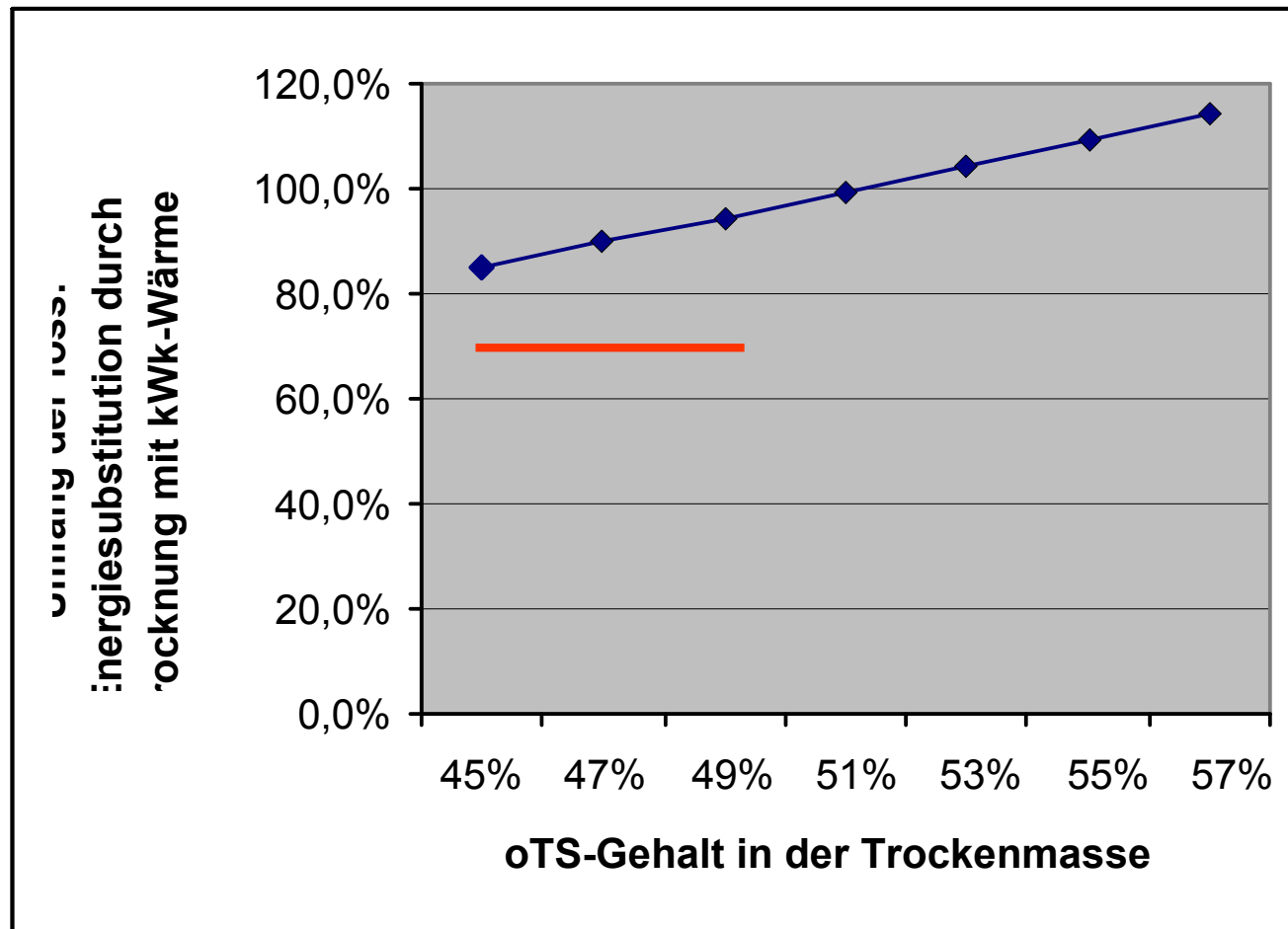
Verdrängung fossiler Primärenergie (durch die Trocknung von Klärschlamm mit 50% oTS) in Abhängigkeit vom TR-Gehalt

Sonstige
Randbedingungen:
Wärmeverbrauch
1100 kWh/t
Stromverbrauch
60 kWh/t

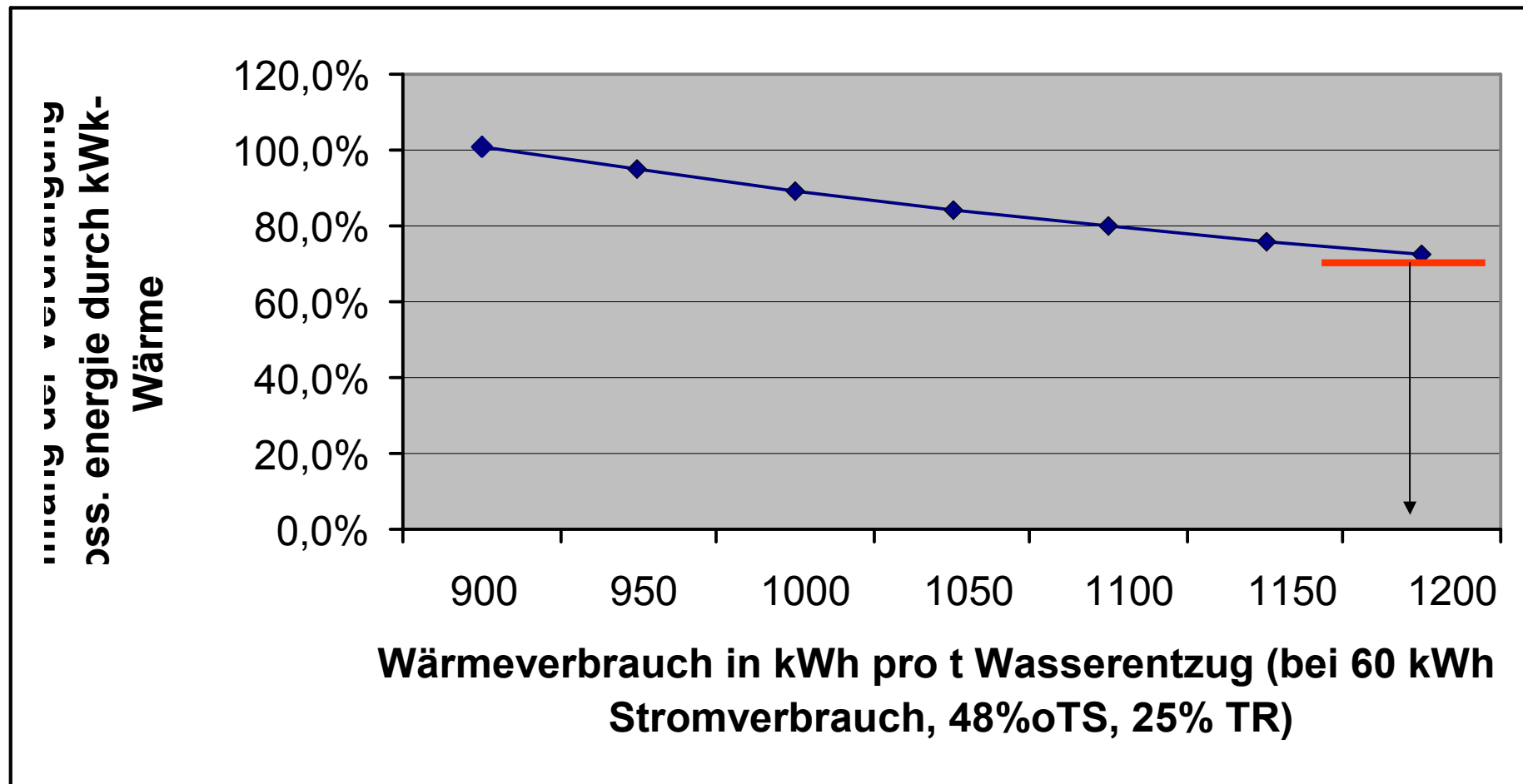


Verdrängung fossiler Primärenergie (durch die Trocknung von Klärschlamm mit 27% TR) in Abhängigkeit vom oTS-Gehalt

Sonstige
Randbedingungen:
Wärmeverbrauch
1100 kWh/t
Stromverbrauch
60 kWh/t



Verdrängung fossiler Primärenergie (durch die Trocknung von Klärschlamm mit 48% oTS und 25% TR) in Abhängigkeit vom Wärmeverbrauch



Weitere Informationen und Beratung

- Beim Referenten:
Dipl.-Vwt. Martin Lohrmann
Plettenbergstr. 69 • 72172 Sulz a.N.
Tel. 07454 / 97 62 52 oder 0177 430 70 98
service@wirtschaft-umwelt.de
- Bei den Herstellerfirmen für Trocknungsanlagen
(siehe Blatt Nr. 8)
- Bei Betreibern von Biogasanlagen mit Klärschlamm-
trocknung (siehe Blatt Nr. 11)
- Bei den Projektpartnern aus der Entsorgungswirtschaft
(siehe Blatt Nr. 12)
- Bei Planungsfirmen mit Klärschlamm-trocknungsprojekten
wie z.B. eta Energieberatung GbR