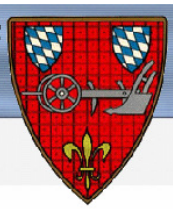


# Welche Chancen bietet die Kofermentation nicht ausgefaulter Abwasserschlämme?

Johann Buchmeier
Abteilungsleiter
Entwässerungsbetrieb

## 1. Übersicht (1)

**1. Randbedingungen**
1.1 Zielsetzung
1.2 Bereits vorhandene Anlagenteile und Infrastruktur
1.3 Genehmigung nach BImSchG
1.4 Neubau einer Annahmestation

**2. Anlagenbetrieb**
2.1 Art und Menge der angelieferten Substrate
2.2 Betriebsweise
2.3 Auswirkungen auf die Gasproduktion und den Strombezug





## 1. Übersicht (2)

**3. Wirtschaftlichkeit**
3.1 Investition
3.2 Kosten und Erlöse
3.3 Maßnahmen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit
3.4 Jahreskosten

**4. Fazit**

## 1. Randbedingungen (1)

### 1.1 Zielsetzung der Kofermentation:

- Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur und dadurch Steigerung der Gesamtwirtschaftlichkeit des Kläranlagenbetriebes

### 1.2 Bereits vorhandene Anlagenteile und Infrastruktur:

- Ungenutztes Faulvolumen
- Gasaufbereitung und -speicherung (Niederdruck- und Hochdruckgasbehälter)
- Gasnutzung über Blockheizkraftwerke (BHKW) zur Wärme- und Stromgewinnung
- Qualifiziertes Personal





## 1. Randbedingungen (2)

### 1.3 Genehmigung nach BImSchG:

- Annahme und Verwertung von Abwässern und Abfällen

### 1.4 Neubau einer Annahmestation:

- Abwicklung des Anlieferverkehrs
- Aufbereitung (Zerkleinerung, ggf. Erwärmung) der angelieferten Abwässer und Abfälle
- Reduzierung der Geruchsemissionen bei Anlieferung (Kapselung, Abluftbehandlung)
- Zufuhr der aufbereiteten Kosubstrate in die Faulbehälter

## 1.4 Neubau einer Annahmestation

## 2. Anlagenbetrieb (1)

### 2.1 Art und Menge der angelieferten Substrate:

- Annahme zusätzlicher Substrate 20.000 bis 25.000 t /a mit 3 – 5 % TS
- Temperatur bei Anlieferung 10 C bis >50 C
- Nur flüssige und pastöse Stoffe
(Fettabscheiderinhalte, Flotatschlämme, Abwässer, ...)
- Keine Störstoffe (Plastik, Holzstücke, Metallreste, ...) mit den vorhandenen Aggregaten (Faulturmumwälzung, Wärmetauscher, ...) behandelbar
- Substrate mit hohen organischen Abbauraten und geringen mineralischen Anteilen, ggf. Vorversuche durchführen

## 2. Anlagenbetrieb (2)

### 2.2 Betriebsweise:

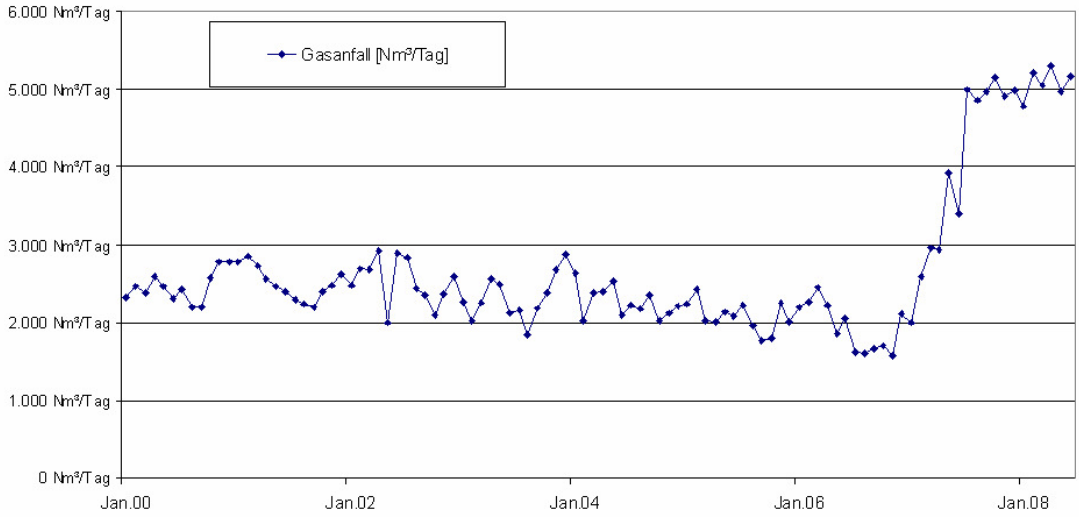
- Annahme während der Betriebszeiten der Kläranlage
- Nutzung von Pufferspeichern zur gezielten Faulturmzufuhr zur Vergleichmäßigung des Klärgasanfalls (insbesondere über das Wochenende)
- Überwachung der maximalen Faulraumbelastung, insbesondere Konzentrationen organischer Säuren im Ablauf der Faulbehälter
- Überwachung der Einhaltung der Mindestverweilzeiten im Faulturm
- Anmietung eines BHKW zur Verstromung des anfallenden Gases





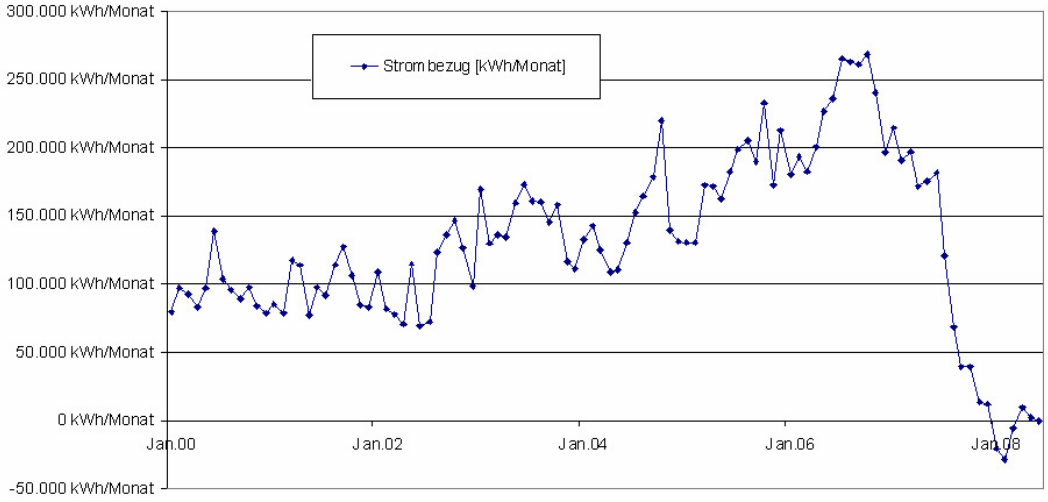
## 2. Anlagenbetrieb (3)

### 2.3 Auswirkungen auf die Gasproduktion:



## 2. Anlagenbetrieb (4)

### 2.3 Auswirkungen auf den Strombezug:

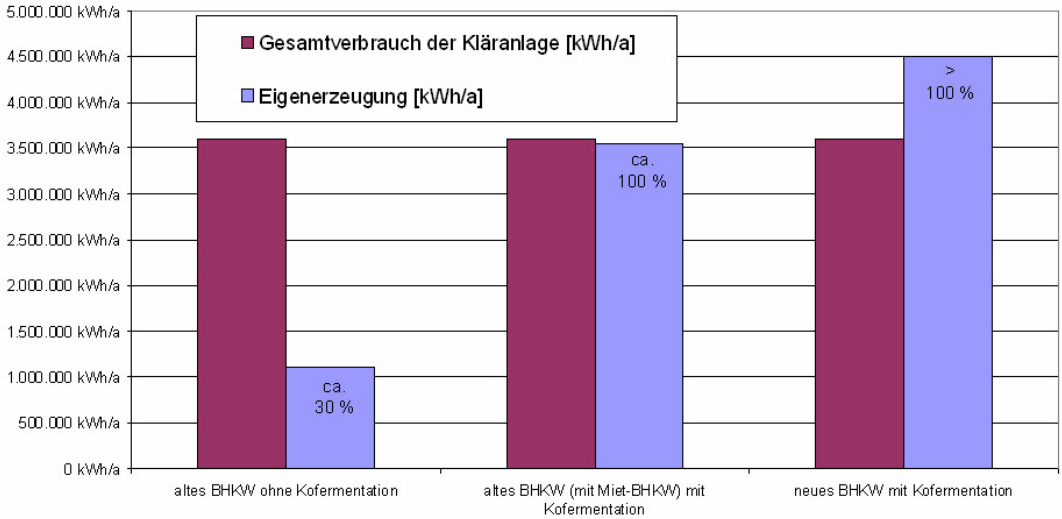







## 2. Anlagenbetrieb (5)

### 2.3 Auswirkungen auf die Stromproduktion:



## 3. Wirtschaftlichkeit (1)

### 3.1 Investition:

- Bau einer neuen Annahmestation: ca. 600.000 € (netto)

### 3.2 Kosten und Erlöse:

- Annahmeerlöse 2,50 bis 15 €/t für angelieferte Mengen
- Erlöse aus zusätzlicher Stromproduktion (Eigenverbrauch und Einspeisung nach EEG) 7 bis 9 Cent/kWh$_{el}$
- Abwärme aus BHKW-Betrieb zur internen Verwendung (z.B. Klärschlammtrocknung)
- Kosten für Schlammbehandlung und –entsorgung
- Betriebskosten (Eigenstromverbrauch, Wartung (insbesondere BHKW), Personal, Prozesswasserbehandlung), BHKW-Mietkosten (Übergangsbetrieb)





## 3. Wirtschaftlichkeit (2)

### 3.3 Maßnahmen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit:

- Derzeitiges BHKW war für ca. 2.000 m³/d (max. 3.000 m³/d) ausgelegt
- Derzeitiger Gasanfall ca. 5.000 bis 5.500 m³/d (max. 8.000 m³/d)
- Austausch der seit 1989 betriebenen BHKW-Anlage (Invest ca. 1,2 Mio € (netto))

### 3.4 Jahreskosten

- Jährliche Einsparungen gegenüber Ist-Situation: 200.000 €/a

## 4. Fazit

- Die vorhandene Technik (insbesondere Faultürme) wird durch die Kofermentation effektiv und wirtschaftlich genutzt.

- Es besteht ein Kosteneinsparpotential durch die Steigerung der Gasproduktion und damit Steigerung der Stromproduktion verbunden mit Annahmeerlösen für angelieferte Substrate

- Die Gesamtwirtschaftlichkeit des Kläranlagenbetriebes wird verbessert

# Wie werden Kläranlagen zu wertvollen Bausteinen im Energiemix?

Oliver Berghamer

EnergieAgentur Berghamer und Penzkofer
Moosburg

Die EnergieAgentur Berghamer und Penzkofer beschäftigt sich seit 1995 herstellerneutral mit der Konzeption, Planung und Umsetzung von Nahwärmenetzen auf Basis erneuerbarer Energien im Leistungsbereich von 100 kW bis 10 MW. Es entstanden Lösungen mit und ohne Biogasunterstützung, mit und ohne Kraft-Wärme-Koppelung.

Aber kaum ein Projekt hat uns in Bezug auf die Auswirkungen auf die Wärme- und Strombilanz und die damit zusammen hängende Umweltbilanz mehr beeindruckt, als das System der Kläranlage Moosburg zudem wir mit der Projektierung des BHKW und der Brennstoffzellenanlage ein wenig beitragen durften und dessen weitere Entwicklung im Zusammenhang mit dem **Zukunftsenergiemix der Stadt Moosburg** wir im Augenblick beratend begleiten.

Neben den klassischen Aufgaben eines beratenden Ingenieurbüros haben inzwischen Aufgabe wie Fördermittelmanagement, oder Recherche/Früherkennung zukünftiger Entwicklungen oder Szenarienanalysen stark an Gewicht zugenommen. Das ist auch nicht überraschend, denn uns allen fehlt im Klimaschutz schlicht die Zeit, stets darauf zu warten, bis fertige Lösungen in Fachbüchern erscheinen.

Es ist unsere Aufgabe, immer wieder Projekte auf ein Gleis zu stellen, dem noch der allgemeine Fahrplan fehlt. Kläranlagen von einer Energiesenke zu einer Energiequelle zu machen – als aktiver Baustein im Energiemix – ist ein Beispiel hierfür. Die große Spannung leitet sich unter anderem daraus ab, dass Kläranlagen schon heute flächendeckend vorhanden sind und in keiner anderen Branche die lokalen Energie- und Stoffkreisläufe so eng gestrickt werden können.

Mit dem kleinen Vortrag zum zweiten Moosburger Umweltforum möchten wir neben einigen Informationen am Beispiel der Kläranlage Moosburg besonders auch zwei wichtige Tendenzen in der regionalen Energieversorgung postulieren und zur Diskussion stellen:

- Abschied vom 20.Jh.-Standard der Energieeinzellösungen
- Renaissance von Energiepartnerschaften und Genossenschaften

Erläuternde Grafiken und weitere Inhalte zum Vortrag erhalten Sie über das pdf-Paket im Nachgang zur Veranstaltung.

Moosburg, 30.10.2008, Oliver Berghamer

# Welche Probleme können sich aus organischen Schadstoffen in Klärschlämmen ergeben?

Dr. Michael Gierig

Bayer. Landesamt für Umwelt
Augsburg

Bayerisches Landesamt für Umwelt

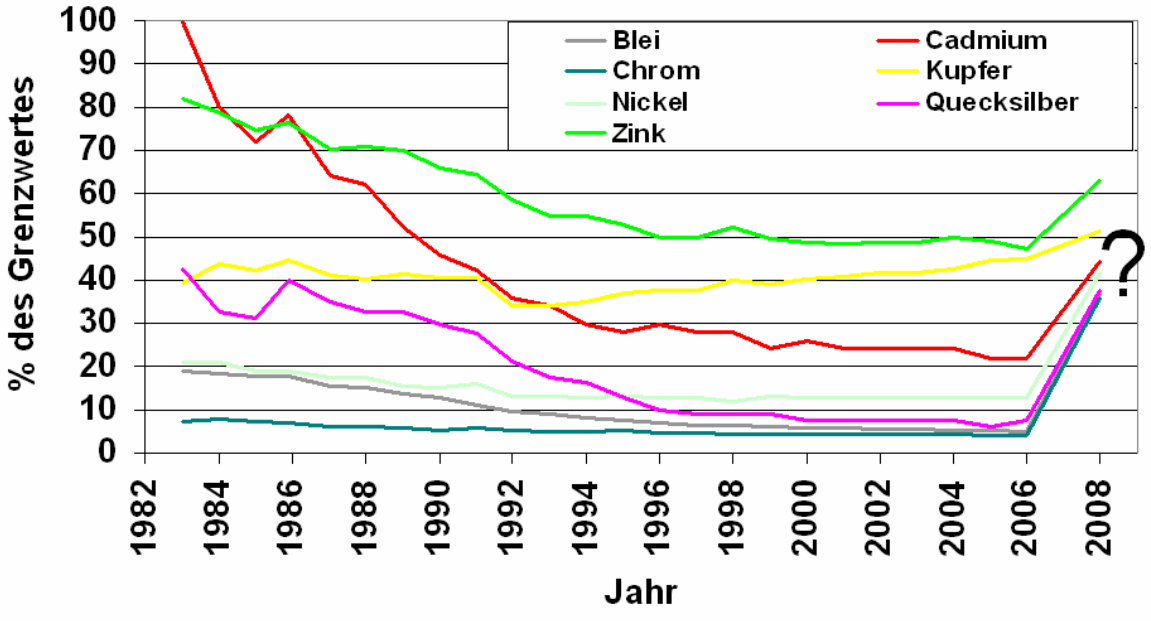
# Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlämmen

Dr. Michael Gierig

Bayerisches Landesamt für Umwelt



## Schwermetallbelastungen in bayerischen Klärschlammen




© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Untersuchungen auf organische Spurenstoffe

Verschiedene Studien des Bundes und einiger Länder belegen eine Belastung von Klärschlamm mit zahlreichen organischen Spurenstoffen.

Zunächst Vermutung, dass die Belastung in ländlichen Regionen Bayerns niedriger sind.

→Untersuchungsprogramm in einem Modell-Landkreis, insgesamt 16 Kläranlagen von 350 – 30.000 EW

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

## Untersuchungsprogramm Landkreis Haßberge

Vorrangig relevante und untersuchte Stoffe:

- Polychlorierte Biphenyle
- Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Triclosan
- Polyzyklische Moschusverbindungen (Galaxolid)
- Organozinnverbindungen, Mono-, Di- und Tributylzinn
- Polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Di(2-ethylhexyl)phtalat, DEHP
- Nonylphenol
- Perfluorierte Tenside

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Organozinnverbindungen, Mono-, Di- und Tributylzinn

Einsatz von Mono- und Dibutylzinn (MBT, DBT) überwiegend in der Kunststoffindustrie als Stabilisatoren sowie Katalysatoren bei der Polymer-Produktion

Tributylzinn (TBT) als Antifoulinganstrich auf Schiffsrümpfen, aber auch als Biozid im Holzschutz bei Dichtungsmitteln und Textilien, Einsatz in der EU mittlerweile verboten

Aber z.T. Reimport über imprägnierte Textilien

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

## Organozinnverbindungen, Mono-, Di- und Tributylzinn

Haupteintrag in den Klärschlamm:

Bei Mono- und Dibutylzinn aus der Anwendung, sowie als Abbauprodukt von Tributylzinn

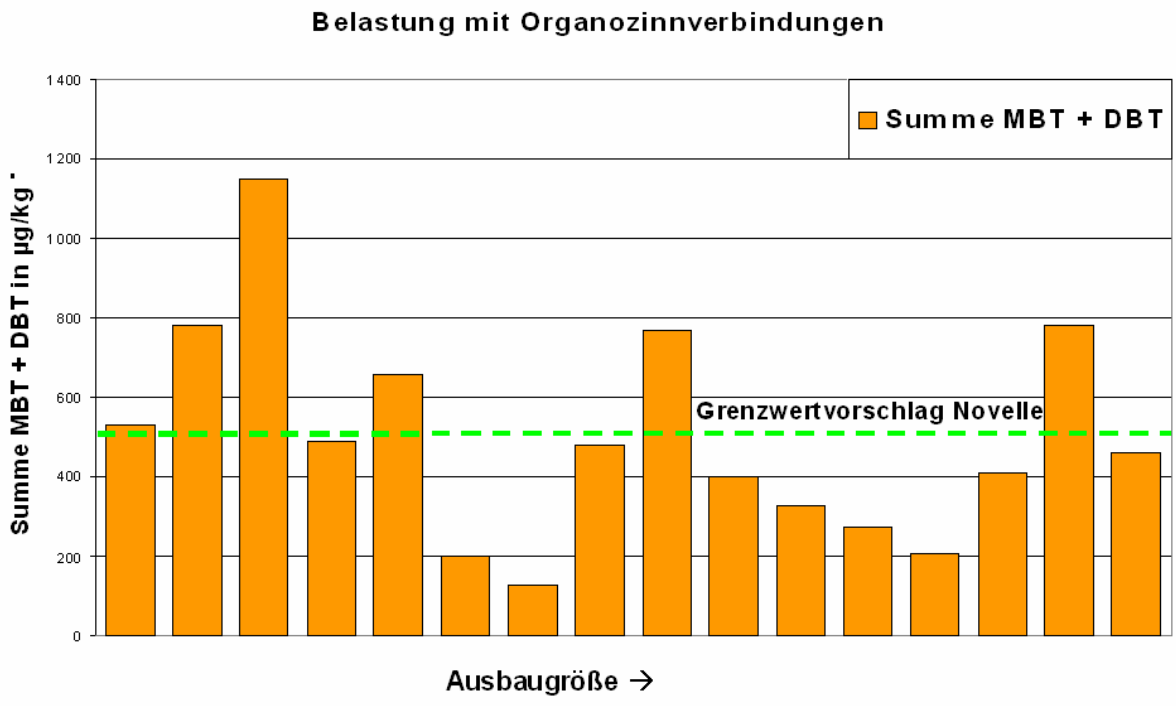
Tributylzinn aus der ehemaligen Anwendung sowie als Verunreinigung und Abbauprodukt von MBT und DBT

Ökologische und gesundheitliche Relevanz (TBT):

- hohe akute Säuger-/Humantoxizität
- sehr hohe aquatische Toxizität
- endokrine Wirkung
- hohes Bioakkumulationspotenzial
- hohe Persistenz

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt




© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

## Dioxine/Furane

Ubiquitär verbreitet, keine gezielte Herstellung, aber unerwünschtes Nebenprodukt bei technischen Prozessen der Chlorchemie und Verbrennungsprozessen jeder Art

Haupteintragswege aus atmosphärischer Deposition (Industrie, Verkehr, Hausbrand, Enegiegewinnung, Abfallbehandlung) aber auch durch Waschen importierter Textilien die mit dioxinverunreinigtem Pentachlorphenol behandelt sind

Toxizität:
- sehr hohe akute Säuger-/Humantoxizität
- hohe aquatische und terrestrische Ökotoxizität
- Kanzerogen
- sehr hohe Persistenz
- sehr hohes Bioakkumulationspotenzial

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Dioxinähnliche PCB

Gezielte Herstellung, Einsatzbereiche Transformatoren, Hydrauliköle aber auch Weichmacher, Stabilisatoren, Flammschutzmittel etc.,

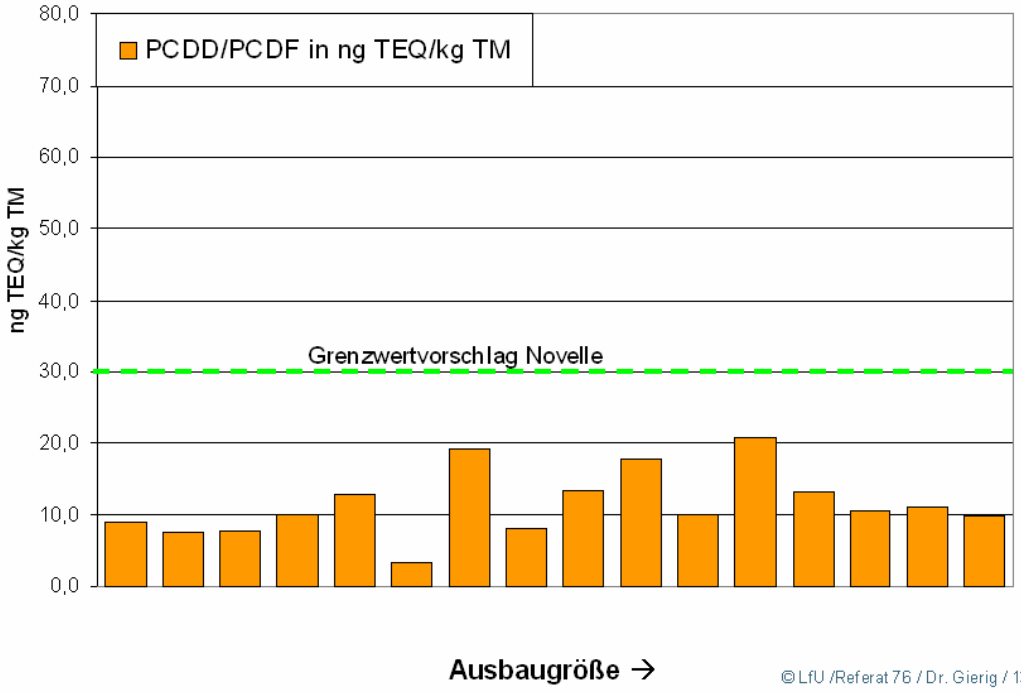
daher heute ubiquitär verbreitet.

Toxikologische Wirkung ähnlich den Dioxinen (strukturchemisch vergleichbar)

dementsprechend im Lebens- und Futtermittelrecht gleichgestellt, also gemeinsame Höchstmengenverordnungen

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

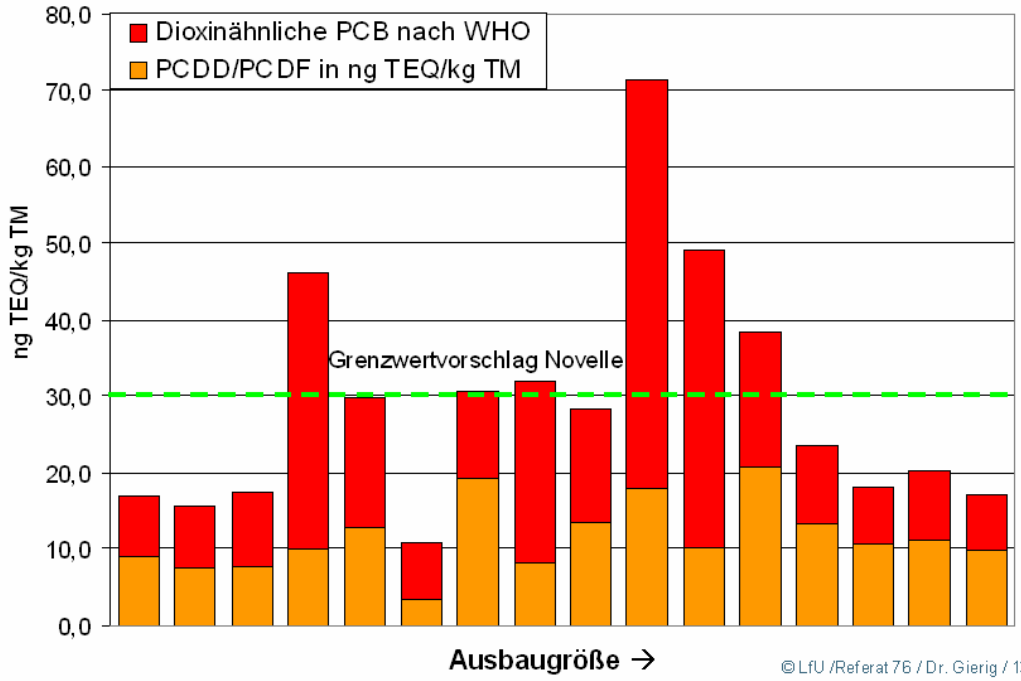
Belastung mit Dioxinen und Furanen




© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

Belastung mit Dioxinen und Furanen




© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

## Zusammenfassung Untersuchungsprogramm Haßberge

- Der Klärschlamm der untersuchten Anlagen ist durchgängig mit den untersuchten organischen Spurenstoffen belastet. Insbesondere bei den Organozinnverbindungen sind "Grenzwertüberschreitungen" bei 5 von 16 Anlagen nachzuweisen.
- Bei Wiederholungsuntersuchungen wurden die Werte i.d.R. bestätigt
- (kleinere Anlagen sind tendenziell etwas höher belastet)

Aber:

Der Großteil der Anlagen würde die Parameter der novellierten Klärschlammverordnung einhalten

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Perfluorierte Tenside

### PFT – Fluch oder Segen?

Lebensmitteln

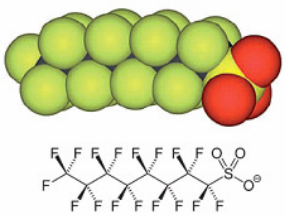


Figure 1:
Molecular structure of PFOS

verstärkt als Lebensmittel- bzw. Umwelt-schadstoffe diskutiert wurde.

**Aktuell**

Aufgrund der PFT-Befunde in der Ruhr und in der Möhne wurde festgestellt, dass eine mögliche Ursache hierfür die Beaufschlagung landwirtschaftlicher

In Bericht an zahlrei nalen Unt wurden u dukte, Ob Insbesonc Gehaltes mes Frites Interesse. bis zu 2,8 0,9 µg/kg

## Perfluorierte Tenside

| Abwasserrelevante Haupteinsatzbereiche: | Ausnahmegenehmigungen von der PFOS-Verbotsverordnung |
|---|---|
| • Galvanik | X |
| • Halbleiterproduktion | X |
| • Lackiererei | - |
| • Feuerlöschschäume | nur noch bis Juni 2011 |
| • Papierbeschichtungen | - |
| • Textilindustrie | - |
| • Hydrauliköle (Luft- und Raumfahrt) | X |
| • …… | |

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## PFT-Befunde im Klärschlamm in Bayern

Nach ersten Befunden verdachtsorientierte Untersuchung von Indirekteinleitern (und einigen Direkteinleitern)

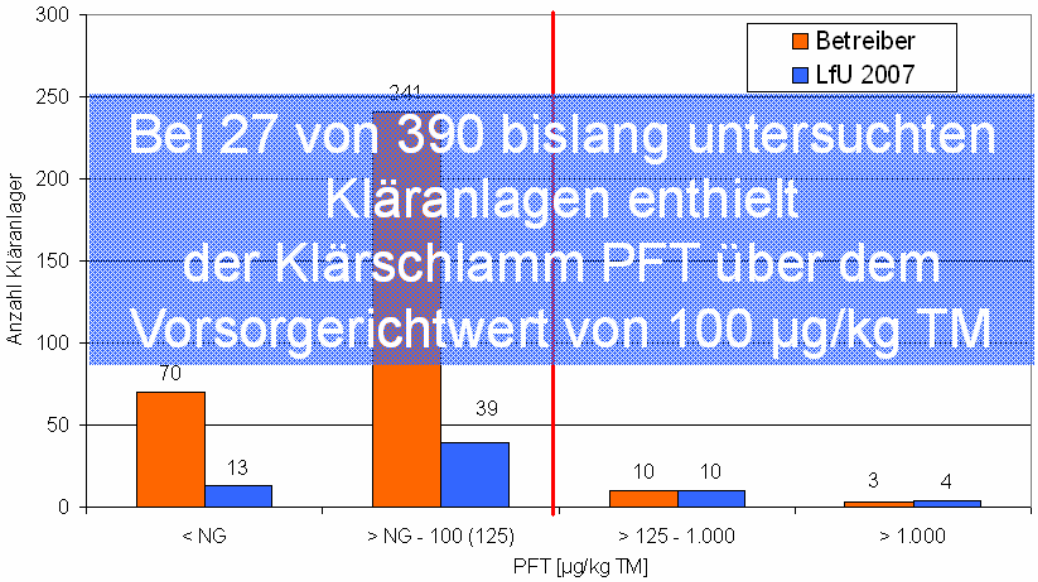
Bei Vorliegen positiver Befunde Untersuchung der korrespondierenden Kläranlagen.

Hauptverursacher von Kontaminationen: Galvanikbetriebe

Seit Januar 2008 Untersuchungspflicht bei beabsichtigter landwirtschaftlicher Verwertung: Ab 100 (125) µg/kg TM keine bodenbezogene Verwertung mehr möglich

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

## PFT-Befunde im Klärschlamm in Bayern




© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Argumente gegen und für den Richtwert

Argument 1: Der Grenzwert ist viel zu niedrig!

**Hohe Mobilität von PFT in Böden führt bereits bei geringen Bodenwerten ( 1000 µg/kg PFOS oder 500 µg/kg PFOA) zu Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwelle (0,3 µg/l) im Grundwasser**

Argument 2: Die Analytik ist viel zu unsicher!

**Der länderübergreifende Ringversuch zur PFT-Analytik in Klärschlamm und Wasser hat die Stabilität der Analytik für einen Großteil der teilnehmenden Labore bewiesen**

Argument 3: Für Kinderspielplätze gilt ein Wert von 30 mg/kg!

**Der teilweise angeführte Bodengrenzwert von 30 mg/kg berücksichtigt nur die direkte orale Aufnahme (durch Kleinkinder) nicht eine potenzielle Grundwassergefährdung**

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

## Zusammenfassung

- Bayerische Klärschlämme sind auch im ländlichen Bereich mit einer Vielzahl organischer Spurenstoffe belastet
- Zum Ausmaß der Belastung gibt es bislang keine gesicherte Datenbasis
- Zu vielen dieser Stoffe gibt es keine ausreichende toxikologische und ökotoxikologische Datenbasis
- Das Beispiel PFT belegt eindrucksvoll, dass bislang noch weitgehend unbekannte Stoffe ein hohes Gefährdungspotenzial aufweisen können

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Organische Schadstoffe in bayerischen Klärschlammen
Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Fazit

- Klärschlamm ist ein Schadstoffsenke, auch für organische Spurenstoffe
- Belastung weitgehend unabhängig von der Ausbaugröße
- vorkommendes Stoffspektrum nicht hinreichend genau erfassbar
- synergistische Wirkungen auch geringer Stoff - Konzentrationen noch unzureichend bekannt
- umfangreiches bayerisches Untersuchungsprogramm zu Vorkommen und Verhalten organischer Spurenstoffe in Klärschlamm und Boden seit 01.01.2008

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

© LfU /Referat 76 / Dr. Gierig / 13.11.2008

# Wie kann die kommunale Zusammenarbeit bei der Klärschlammentsorgung organisiert werden?

Josef Oberhofer
IB Ferstl Landshut

Professor Andreas Ottl
FH Regensburg

# Darstellung am Beispiel der Klärschlammentsorgung im Landkreis Kelheim

1. Klärschlammentsorgung im Landkreis Kelheim – Wege nach der Verwertung in der Landwirtschaft ..... 101
2. Bisherige Entsorgungssituation im Landkreis Kelheim ..... 102
3. Die Novellierung der Klärschlammverordnung und daraus resultierende Folgen für den Landkreis Kelheim ..... 104
4. Mögliche Entsorgungskonzepte für den Landkreis Kelheim ..... 106
4.1 Mögliche Standorte ..... 107
4.2 Vorstellung der Varianten ..... 109
4.2.1 Variante 1: Ein zentraler Standort (Kelheim) ..... 109
4.2.2 Variante 2: Zwei Standorte (Nord-Süd-Teilung) ..... 111
4.2.3 Variante 3: Drei Standorte (Aufteilung Nord-Mitte-Süd) ..... 112
5. Kostenvergleich ausgewählter Lösungswege ..... 113
6. Entscheidungsfindung und Empfehlung ..... 114
7. Möglichkeiten eines regionalen Zusammenschlusses ..... 115
7.1 Gründung eines Zweckverbandes ..... 115
7.2 Gründung eines kommunalen Unternehmens ..... 116
8. Fazit und Ausblick ..... 116
9. Literatur- und Quellenverzeichnis ..... 117

## Klärschlammentsorgung im Landkreis Kelheim – Wege nach der Verwertung in der Landwirtschaft

Schon seit Jahrtausenden werden Rückstände aus der Zivilisation in der Landwirtschaft verwertet: Neben der Erzeugung von Lebensmitteln war es immer auch Aufgabe der Landwirtschaft, die Zivilisationsrückstände wie Abwasser, Fäkalien und feste Abfälle soweit möglich wiederzuverwerten. So kannten bereits die frühen Hochkulturen im Vorderen Orient sowie in China und Korea Techniken und Einrichtungen zur Behandlung von Abwässern. „Auch im antiken Griechenland wurden Abwässer nach einer mechanischen Behandlung zur Gartenbewässerung verwendet und die verbleibenden Rückstände für Düngezwecke eingesetzt. Bis zur Entwicklung der Mineraldünger waren die menschlichen Fäkalien und die Rückstände aus der tierischen und pflanzlichen Produktion die einzige Quelle der Nährstoffversorgung von Acker- und Gartenflächen.“
[1, S. 497]

Diese Entwicklung der Nährstoffverwertung dauerte an bis Ende der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts. Seitdem wird die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung zum Teil sehr kontrovers diskutiert: Befürworter sehen darin vor allem eine kostengünstige und standortnahe Möglichkeit der Verwertung, die zusätzlich eine Versorgung mit Nährstoffen (Stickstoff, Phosphat) für die Ackerböden darstellt. In letzter Zeit mehren sich aber Stimmen, welche die Nachteile und Gefahren eines Einsatzes in der Landwirtschaft betonen: Da Abwässer aus Gewerbe und Haushalt aufgrund gesetzlicher Vorgaben vor der Einleitung in Bäche, Flüsse oder Seen mit sehr hohem Aufwand so gereinigt werden, dass möglichst geringe Schadstoffmengen in die Gewässer gelangen, verbleibt der Großteil der Schadstoffe

im Klärschlamm. Dieser ist also eine Schadstoffsenke, in welcher man eine Reihe problematischer Stoffe wie Antibiotika, Schwermetalle oder auch hormonell wirksame

Weichmacher finden kann. Bei der Aufbringung dieses Klärschlamms auf landwirtschaftliche Flächen besteht einerseits die Gefahr einer dauerhaften Schadstoffanreicherung im Boden, andererseits ist ein gewisses Risiko für die Lebensmittelproduktion nicht auszuschließen.

Heinz Pirthauer, Leiter des Sachgebiets Abfallwirtschaft am Landratsamt Kelheim: „Vor diesem Hintergrund hat die Bayerische Staatsregierung bereits mit Kabinettsbeschlüssen am 20.03. und 15.05.2001 den mittelfristigen Ausstieg Bayerns aus der landwirtschaftlichen und landbaulichen Klärschlammverwertung beschlossen."

Die daraus resultierende Verunsicherung unter den Kläranlagenbetreibern im Landkreis Kelheim führte im Mai 2001 zur Gründung einer Projektgruppe unter Federführung des Landkreises. Ziel dieser Gruppe war es, Alternativen zu den bisherigen Entsorgungswegen zu finden. Der Abschlussbericht dieser Gruppe wurde den Städten und Gemeinden noch im November 2001 präsentiert.

Mit dem Scheitern eines Antrages Bayerns und Baden-Württembergs vor dem Bundesrat (April 2002), ein generelles Verbot für den Einsatz von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen auszusprechen, entspannte sich die Lage für die Kläranlagenbetreiber: Es gab keinen Anlass mehr, Alternativen zur landwirtschaftlichen Verwertung umzusetzen.

Jüngere Tendenzen allerdings deuten auf eine immer kleiner werdende Akzeptanz seitens der Nahrungsmittelindustrie und auch der Bevölkerung hin, Lebensmittel von klärschlammgedüngten Feldern anzunehmen bzw. zu konsumieren. Daraus resultiert auch auf Seiten der Landwirte eine sinkende Bereitschaft, Klärschlamm auf ihre Felder auszubringen, obwohl es rechtlich noch möglich ist.

Hinzu kommt die Tatsache, dass der Gesetzgeber eine Novellierung der bestehenden Klärschlammverordnung plant, wodurch die landwirtschaftliche Verwertung aufgrund erheblich verschärfter Grenzwerte deutlich erschwert werden dürfte.

Aus diesen Gründen wird die Suche nach alternativen Wegen - nach der Verwertung in der Landwirtschaft – wieder höchst aktuell, weshalb die Projektgruppe Klärschlammentsorgung/ -verwertung im Landkreis Kelheim Ende 2006 wieder ins Leben gerufen wurde. Das Ziel der Gruppe, innovative Wege in der Klärschlammentsorgung aufzuzeigen sowie ein Konzept zu entwickeln, welches im Falle eines Ausscheidens der Düngung mit Klärschlamm sofort umgesetzt werden kann, war auch Thema dieser Studie, welche im Rahmen einer Diplomarbeit an der FH Regensburg (Betreuung durch Herrn Professor Andreas Ottl) durchgeführt wurde.

**Bisherige Entsorgungssituation im Landkreis Kelheim**

Der Landkreis Kelheim liegt im westlichen Niederbayern und hat eine Fläche von 1.067 $km^2$. Bei einer Gesamteinwohnerzahl von knapp 113.000 Einwohnern bedeutet dies eine Bevölkerungsdichte von ca. 106 Einwohner pro $km^2$ (Stand: Ende 2006).

Zum Vergleich: Die Bevölkerungsdichte in Deutschland liegt bei ca. 231 Einwohnern pro $km^2$, in Bayern bei ca. 177 Einwohnern pro $km^2$. Der Landkreis Kelheim ist also eher dünn besiedelt.

Der Landkreis teilt sich auf in 24 Gemeinden, davon 8 Einheitsgemeinden und 16 Gemeinden in Verwaltungsgemeinschaften. In insgesamt 27 kommunalen Kläranlagen unterschiedlicher Größenordnung fallen derzeit jährlich ca. 46.650 $m^3$ Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 5 % an.

Die beiden größten Anlagen stellen die Kläranlagen in Kelheim im Norden (9.500 $m^3$/Jahr) und Mainburg im Süden (8.500 $m^3$/Jahr) dar. Weitere größere Anlagen stehen in Abensberg (5.000 $m^3$/Jahr), Bad Abbach (3.953 $m^3$/Jahr), Neustadt a. d. Donau (4.000 $m^3$/Jahr) und in Riedenburg (4.500 $m^3$/Jahr). Abensberg kommt neben Kelheim und Mainburg aufgrund seiner sehr zentralen Lage im Landkreis hierbei eine besondere Bedeutung zu.

2005 setzten sich die Entsorgungswege für Klärschlamm aus dem Landkreis Kelheim folgendermaßen zusammen:

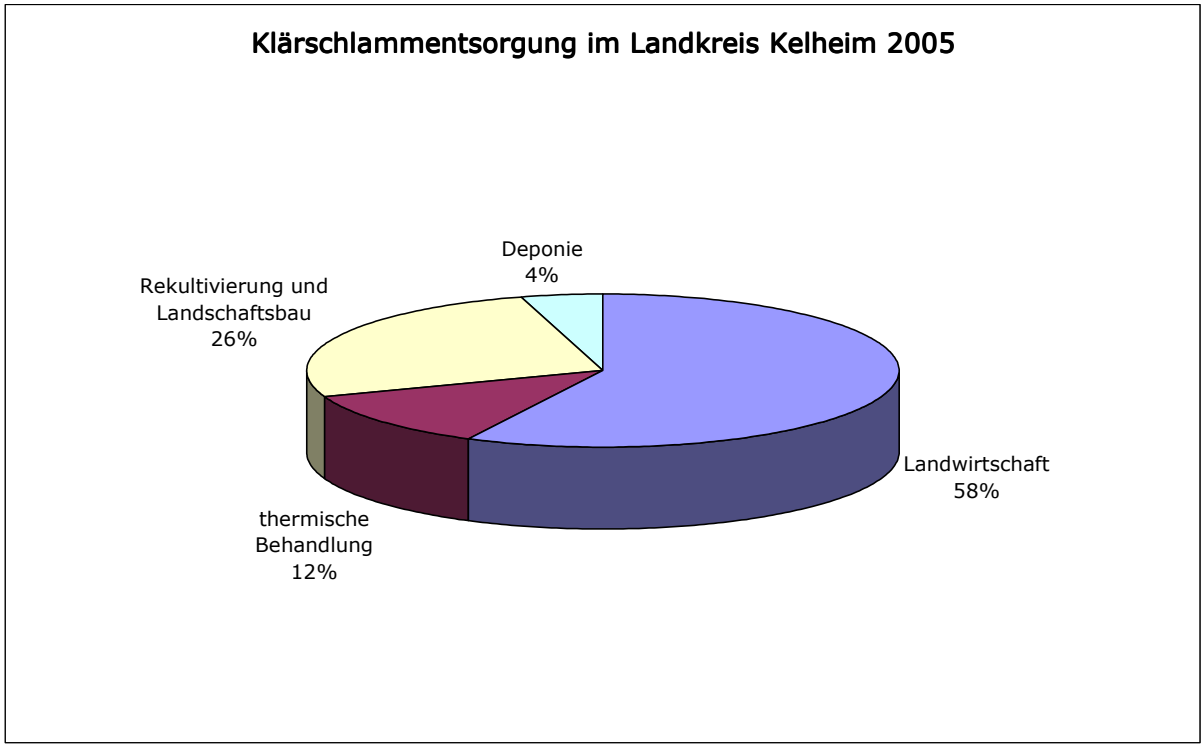



**Abbildung 10: Klärschlammentsorgung im Landkreis Kelheim 2005 [Zahlen: Landratsamt Kelheim]**

Der größte Teil, nämlich 58 % des insgesamt anfallenden Klärschlammes, wurde in der Landwirtschaft verwertet. Hierbei wurden 45,3 % auf Felder im Landkreis Kelheim ausgebracht, 12,2 % gingen auf Anbauflächen außerhalb der eigenen Gebietskörperschaft (Oberpfalz, Oberbayern, Niederbayern).

Den nächstgrößeren Anteil machte die Entsorgung in der Rekultivierung und im Landschaftsbau aus. 26 % des anfallenden Klärschlammes wurden nach

Strenznauendorf in Sachsen-Anhalt zum Einsatz in Rekultivierungsmaßnahmen gebracht.
Lediglich 12 % fielen 2005 auf die thermische Behandlung (im KKW Zolling und Munsdorf) und 4 % des Klärschlammes wurde auf Deponien gebracht.

Im Vergleich zum Freistaat Bayern sind hier gravierende Unterschiede festzustellen: So wurden 2005 bayernweit lediglich 21,4 % landwirtschaftlich verwertet. Den Hauptanteil machte hier mit 41,4 % die thermische Behandlung aus. Ein großer Anteil von 35,6 % wurde nach Kompostierung oder Vererdung in Rekultivierungsmaßnahmen eingesetzt. 1,5 % des Klärschlammes wurden deponiert, ein kleiner Anteil von 0,1 % wurde auf Zwischenlager verbracht.

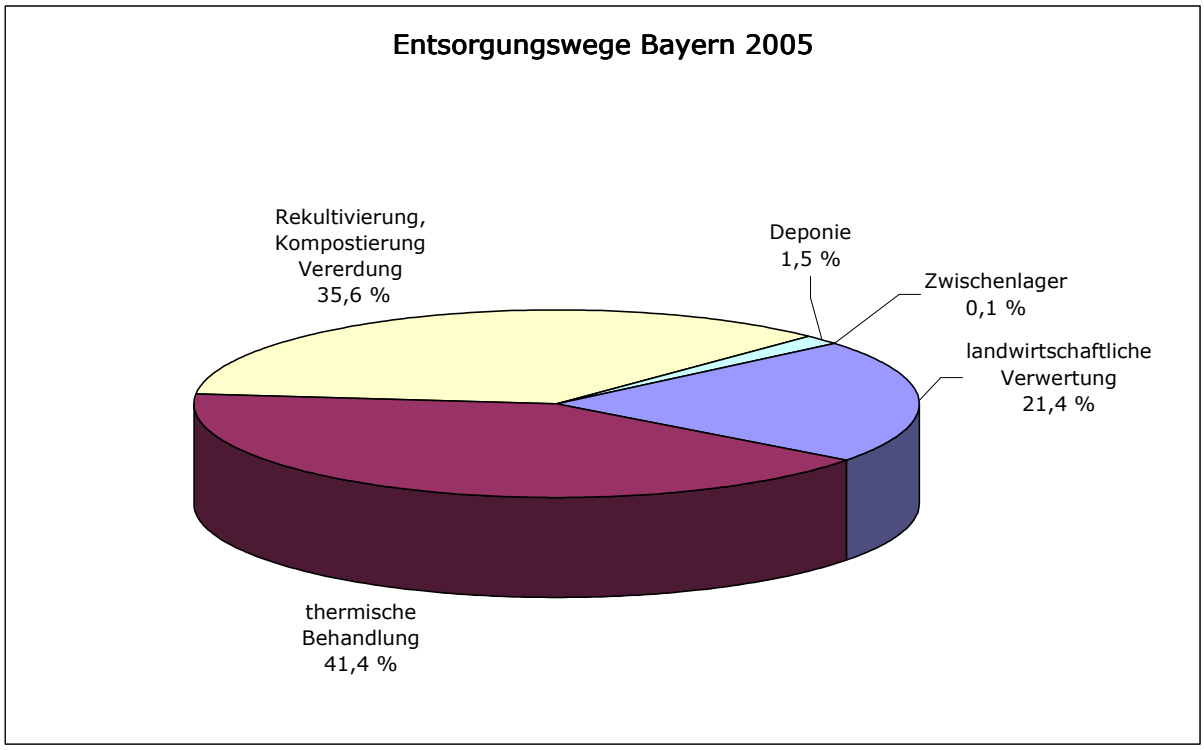



**Abbildung 11: Entsorgungswege Bayern 2005 [Zahlen: Abfallbilanz LfU 2005]**

## Die Novellierung der Klärschlammverordnung und daraus resultierende Folgen für den Landkreis Kelheim

Seit dem 1. Juli 1992 gilt die aktuelle Fassung der Klärschlammverordnung in Deutschland. In ihr ist das Aufbringen von Klärschlamm auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden geregelt. Bei verschiedenen Reglementierungen hat sich hier Änderungsbedarf aufgestaut, dem nunmehr entsprochen werden soll.

„Um die Anforderungen an die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung zu aktualisieren, hat das Bundesumweltministerium in einem Eckpunktepapier und anlässlich einer Expertentagung am 6. und 7.12.2006 Vorschläge unterbreitet, mit denen einerseits die Weichen für eine langfristig angelegte Klärschlammverwertung gestellt, andererseits aber auch die Belange des vorsorgenden Bodenschutzes berücksichtigt werden sollen. Um den Belangen dieser beiden Umweltbereiche gleichermaßen zu entsprechen, schlägt das Bundesumweltministerium eine deutliche

Absenkung von Schadstoffgrenzwerten vor. Die Vorschläge des „Eckpunktepapieres“ orientieren sich daher eng an dem, was in qualitativer Hinsicht bei den Klärschlammbelastungen derzeit technisch realisierbar ist.“ [3, S. 1]

| Grenzwerte [mg / kg TS] | Blei | Cadmium | Chrom | Kupfer | Nickel | Queck-silber | Zink |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| geltende AbfKlärV von 1992 | 900,00 | 10,00 | 900,00 | 800,00 | 200,00 | 8,00 | 2500,00 |
| Vorschlagswerte Novelle 2007 | 100,00 | 2,00 | 80,00 | 600,00 | 60,00 | 1,40 | 1500,00 |

**Tabelle 1: Grenzwertvorschläge Schwermetalle [Quelle: BMU]**

| Grenzwerte [mg / kg TS] | PCB | Dioxine | AOX | B(a)P | DEHP | Moschus | MBT + DBT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| geltende AbfKlärV von 1992 | 0,2 je Kongener | 100,00 [ng / kg TS] | 500,00 | - | - | - | - |
| Vorschlagswerte Novelle 2007 | 0,1 je Kongener | 30,00 [ng / kg TS] | 400,00 | 1 | 100 ? | 15 - 10 ? | 0,6 ? |

**Tabelle 2: Grenzwerte für organische Schadstoffe [Quelle: BMU]**

Die Folgen durch ein Inkrafttreten der derzeit im Raum stehenden Novellierung der Klärschlammverordnung speziell für den Landkreis Kelheim lassen sich am besten durch eine Betrachtung der angestrebten verschärften Grenzwerte abschätzen. Hierzu hat das Wasserwirtschaftsamt Landshut eine Übersicht erstellt, in welcher sämtliche aktuellen Messergebnisse der einzelnen Kläranlagen aufgelistet sind. Diese Messwerte werden einmal den geltenden Grenzwerten der Klärschlammverordnung von 1992 gegenübergestellt, außerdem werden sie mit den vorgeschlagenen Grenzwerten der Novellierung verglichen.

Zunächst ist festzustellen, dass sämtliche vorhandenen Messergebnisse die derzeit gültigen Grenzwerte einhalten, ja diese sogar erheblich unterschreiten.

Allerdings ergäben sich bei Einführung der angestrebten verschärften Grenzwerte auf mehreren Kläranlagen massive Probleme, vor allem mit den Schwermetallbelastungen. So kommen viele Kläranlagen sehr nahe an den Grenzwert für Quecksilber (geplant: 1,40 mg/kg TS) heran. Vor allem größere Anlagen erreichen hier Werte von über 90 % des Maximalwertes. Auch bei Zink, Kupfer und Cadmium bewegen sich viele Anlagen in der Nähe der geforderten Grenzwerte, wenn diese auch nicht überschritten werden.

In einigen Fällen wären die angestrebten Grenzwerte allerdings sogar überschritten: In zwei unterschiedlichen Messungen wäre der Vorschlagswert von Chrom (80,00 mg/kg TS) überschritten, so wurde im März 2006 ein Wert von 142,00 mg/kg TS gemessen, im September des gleichen Jahres immerhin 116,00 mg/kg TS. Eine andere Kläranlage hingegen hätte bei einer Verschärfung der Grenzwerte vor allem ein Problem mit dem Wert für Blei: Der gemessene Wert von 124,00 mg/kg TS unterschreitet zwar deutlich den derzeitig gültigen Grenzwert (900 mg/kg TS), liegt aber über dem angestrebten Maximum von 100 mg/kg TS.

Weniger kann man dagegen zu den Grenzwerten für organische Schadstoffe sagen. Da viele geplante Grenzwerte in der aktuellen Fassung der Klärschlammverordnung noch gar keine Berücksichtigung finden (B(a)P, DEHP, Moschus, MBT, DBT), gibt es dafür auch noch keine Messungen. Inwieweit die geplanten, sicherlich sehr knapp ausgelegten Grenzwerte auf den Kläranlagen im Landkreis Kelheim überschritten werden, kann an dieser Stelle also nicht beurteilt werden.

Der Grenzwert für AOX allerdings, welcher von derzeit 500,00 auf zukünftig 400,00 mg/kg TS herabgesetzt werden soll, könnte einigen Kläranlagen Probleme bereiten. Mehrere Anlagen im Landkreis Kelheim hatten hier zuletzt Werte von mehr als 90 % des Grenzwertes.

Messergebnisse für PCB und Dioxin liegen nicht von allen Kläranlagen vor, da die aktuelle Klärschlammverordnung nach § 3 Absatz 9 hier eine Erleichterung für kleinere Anlagen (Ausbaugröße kleiner als 1.000 EW) vorsieht. Die vorhandenen Messwerte für PCB und Dioxin würden allerdings auch unter den verschärften Bedingungen einer Novellierung der Klärschlammverordnung keine Probleme bereiten.

Man kann also festhalten, dass zumindest einige Kläranlagen im Landkreis Kelheim mit einem Ausbringungsverbot auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden für ihren Klärschlamm rechnen müssen, wenn die derzeit diskutierte Novellierung der Klärschlammverordnung in Kraft tritt. Viele Kläranlagen, welche diese Werte nicht direkt überschreiten, befinden sich allerdings schon sehr nahe an den maximal zulässigen Werten. Bereits bei geringen Betriebsstörungen können sich auch diese Anlagenbetreiber auf einmal vor der Schwierigkeit eines Ausbringungsverbots und einem daraus resultierendem Entsorgungsproblem sehen.

Deshalb ist es notwendig, sich rechtzeitig, also bereits vor Inkrafttreten der Novellierung, nach alternativen Entsorgungsmöglichkeiten umzusehen, um dann, zum gegebenen Zeitpunkt, gut auf die veränderte Situation vorbereitet zu sein.

**Mögliche Entsorgungskonzepte für den Landkreis Kelheim**

Aus den oben genannten Gründen sollen jetzt praxisnahe, realisierbare Entsorgungskonzepte für den Landkreis Kelheim erarbeitet und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden.

Um dabei die einzelnen Varianten miteinander vergleichen zu können, müssen vorher einige Rahmenbedingungen festgelegt werden, welche für alle Varianten gleichermaßen gelten:

1. Es wird von einem jährlichen Klärschlammanfall von 46.650 $m^3$ / Jahr mit einem TS-Gehalt von 5 % ausgegangen, welcher zu entsorgen ist. In der Realität schwankt der Trockensubstanzgehalt je nach Kläranlage in etwa im Bereich zwischen 3 und 7 %.

2. Die Projektgruppe sieht in einer landwirtschaftlichen oder landbaulichen Klärschlammverwertung mittel- bis langfristig aufgrund der politischen wie

gesetzlichen Entwicklungen keine Alternative. Deshalb soll sich die Variantenuntersuchung auf eine thermische Entsorgung fokussieren.

3. Der Klärschlamm soll zunächst auf ca. 25 % TS entwässert und anschließend getrocknet werden. Je nach Art der Trocknung werden hierbei verschiedene TS-Gehalte angenommen: Mit einer konventionellen Trocknungsanlage kommt man auf Werte von 90 % TS, bei einer solaren Trocknungsanlage werden TS-Gehalte von ca. 70 % erreicht. Die endgültige Entsorgung dieses getrockneten Schlammes kann entweder in einer Klärschlammmonoverbrennungsanlage oder per Mitverbrennung (Zementindustrie, Kohlekraftwerke, Müllverbrennungsanlagen) geschehen, wird im Rahmen dieser Arbeit aber nicht detailliert untersucht.

4. Auch wenn viele der neuen, alternativen Möglichkeiten der Klärschlammbehandlung bereits in der Praxis umgesetzt worden sind, sind diese derzeit noch relativ teuer und oft nur im Rahmen von Pilotprojekten mit Hilfe von Förderprogrammen
(z.B. EU Life) zu finanzieren. Auch sie werden deshalb in der Variantenuntersuchung nicht detailliert berücksichtigt.

**Mögliche Standorte**

Für ein kommunales Entsorgungskonzept kommen im Landkreis Kelheim grundsätzlich mehrere Kläranlagen als zentrale Standorte in Frage, welche sich durch verschiedene Vor- und Nachteile auszeichnen:

Kläranlage Kelheim

Die Kläranlage Kelheim bietet eine Reihe von Standortvorteilen. Kelheim hat eine relativ zentrale Lage im Landkreis, dadurch können die Transportwege kurz gehalten werden. Die Kläranlage Kelheim ist die größte Anlage innerhalb des Landkreises und hat den höchsten Anfall an Klärschlamm (9.500 $m^3$/a; 5 % TS), das entspricht knapp über 20 % des gesamten Klärschlammes im Landkreis. Mit der Donau verfügt Kelheim über den größten Vorfluter im Landkreis Kelheim, das Problem mit dem belasteten Filtratwasser ist hier am besten zu beherrschen. Darüber hinaus verfügt die Kläranlage Kelheim über ausreichend Platz für eventuelle Erweiterungen, eine derzeit nur untergeordnet genutzte Halle (ca. 10 m x 15 m) sowie ein Schlammlager stehen zur Verfügung. Darüber hinaus ist auf der Kläranlage durch das betriebene Blockheizkraftwerk eine überschüssige thermische Energie (ca. 523.000 kWh/a) vorhanden, welche man zur Klärschlammtrocknung verwenden kann.

Kläranlage Mainburg

Nach Kelheim besitzt Mainburg, im Süden gelegen, die zweitgrößte Kläranlage des Landkreises (8.500 $m^3$/a; 5 % TS). Die seit längerer Zeit geplante Vererdungsanlage wird aus verschiedenen Gründen (Widerstand der Anwohner, fehlende Unterstützung durch LfU, hohe Auflagen durch das WWA) mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht realisiert werden. Unter diesen Umständen ist die Aufnahmefähigkeit von fremdem Klärschlamm laut Aussage der Kläranlagenbetreiber stark begrenzt. Lediglich ca. 100 $m^3$ Klärschlamm können jährlich angenommen werden. Darüberhinaus ist zu

berücksichtigen, dass die Platzverhältnisse auf der Kläranlage Mainburg sehr beengt sind; es gibt also kaum Raum für Erweiterungen der Anlage.

Kläranlage Abensberg

Auch die Kläranlage Abensberg sollte bei der Erstellung der Varianten berücksichtigt werden. Mit 5.000 $m^3$/a (5 % TS) die drittgrößte Anlage im Landkreis, ist Abensberg vor allem wegen der sehr zentralen Lage als Standort interessant. Bei Gesprächen mit den Anlagenbetreibern wurde deutlich, dass man in Abensberg sehr an einer gemeinsamen, landkreisweiten Lösung des Entsorgungsproblems interessiert ist.

Privatanbieter: Firmen Pöppel und Högl

Auch die Möglichkeit, das Problem der Klärschlammentsorgung über Entsorgungsverträge mit privaten Anbietern zu lösen, sollte nicht außer Acht gelassen werden. In diesem Sinne wurde Vertretern der Firmen Pöppel und Högl die Möglichkeit gegeben, ihr gemeinsames Entsorgungskonzept für den Landkreis Kelheim am 15.05.2007 der Projektgruppe zu präsentieren.

Die Firma Pöppel aus Kelheim ist ein Entsorgungsfachbetrieb mit 150 Mitarbeitern, welches zahlreiche Referenzen im Bereich Schlammentwässerung und -verwertung sowohl für öffentliche als auch private Auftraggeber nachweisen kann. Die Firma Högl mit Sitz in Volkenschwand, ebenfalls ein Entsorgungsfachbetrieb mit 60 Mitarbeitern, kann ebenso eine Reihe von kommunalen und privatwirtschaftlichen Referenzen vorweisen.

Das gemeinsame Konzept sieht vor, den in den einzelnen Kläranlagen anfallenden Schlamm gleich vor Ort, also dezentral, auf ca. 25 % TS zu entwässern. Hierfür stehen der Firma Pöppel zwei mobile Zentrifugen sowie drei mobile Kammerfilterpressen zur Verfügung. Der entwässerte Schlamm wird anschließend auf das Firmengelände der Firma Högl im Süden des Landkreises transportiert. Hier soll er dann mit der Abwärme des bereits installierten Blockheizkraftwerkes auf etwa 90 % TS getrocknet werden. Über die weitere Behandlung des getrockneten Schlammes geben die Firmen prinzipiell die bekannten Entsorgungsmöglichkeiten an: Landwirtschaftliche Verwertung, Kompostierung, Rekultivierung oder thermische Verwertung.

Grundlage dieser Variante wäre ein Entsorgungsvertrag zwischen den Entsorgungsunternehmen und den Kläranlagenbetreibern des Landkreises mit vertraglich geregelten Preisen für Entwässerung, Abtransport und Entsorgung des Schlammes. Charakteristisch für Verträge dieser Art sind folgende Merkmale:

- Es wird eine fixe Menge an jährlich zu entsorgendem Klärschlamm vereinbart, welche die Kläranlagenbetreiber mindestens an den Entsorger abgeben müssen.

- Es wird eine vertragliche Mindestlaufzeit festgelegt. Bei einer geplanten Trocknung des Klärschlammes müsste diese Laufzeit mindestens 5 bis 7 Jahre betragen, so Herr Hilbinger von der Firma Pöppel.

- Außerdem ist im Vertrag eine Preisgleitklausel vereinbart, welche sich nach den in Deutschland üblichen Preisindizes richtet.

Diese Festsetzungen dienen dazu, mittel- bis langfristige Planungssicherheit zu erlangen, sowohl für die Entsorger als auch für die Kommunen.

**Vorstellung der Varianten**

Es sollen drei unterschiedliche Varianten, bezogen auf die Klärschlammtrocknung, untersucht werden:

- Variante 1: Ein zentraler Standort (Kelheim)
- Variante 2: Zwei Standorte (Nord-Süd-Teilung)
- Variante 3: Drei Standorte (Aufteilung Nord-Mitte-Süd)

Die Entwässerung geschieht bei allen Varianten soweit wie möglich dezentral und wird an die unterschiedlichen Gegebenheiten angepasst.

**Variante 1: Ein zentraler Standort (Kelheim)**

Bei dieser Variante wird der komplette Klärschlamm des Landkreises, teils entwässert und teils nass, zu einer zentralen Anlage gebracht und dort thermisch getrocknet.

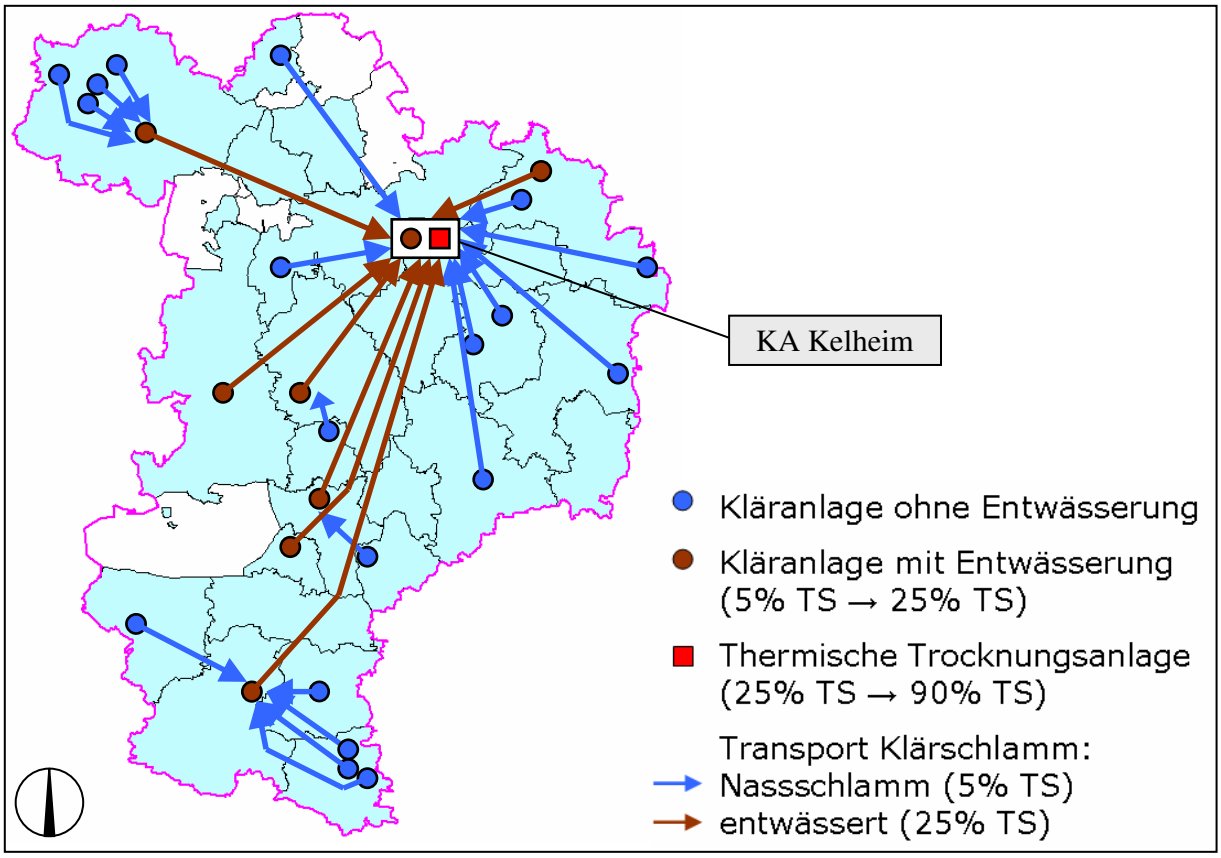



**Abbildung 12: Schema Variante 1**

Auf Grund der oben genannten Vorteile (zentrale Lage, größte Kläranlage, größter Schlammanfall, größter Vorfluter, ausreichend Platz, bestehende Halle) bietet sich Kelheim für diese zentrale Lösung besonders an.

Im Schema ist das Entwässerungs- und Trocknungskonzept für diese Variante zu sehen.

Der Klärschlamm aus Aiglsbach, Attenhofen, Volkenschwand, Leibersdorf und Böham wird unentwässert (5 % TS) nach Mainburg gebracht, dort mitentwässert und dann entwässert (25 % TS) weiter nach Kelheim transportiert. Genauso wird der nicht behandelte Klärschlamm aus Wildenberg in Siegenburg und der aus Biburg in Abensberg entwässert, bevor er weiter nach Kelheim transportiert wird. Alle übrigen Kläranlagen liefern ihren Schlamm direkt nach Kelheim, je nach Möglichkeit entwässert oder nicht.

In Kelheim werden dann in einem ersten Schritt insgesamt 16.927 $m^3$/a Klärschlamm mit einem TS von 5 % auf 25 % entwässert. Im zweiten Schritt wird der komplette Klärschlamm des Landkreises, jetzt bereits auf 25 % TS entwässert, in einer thermischen Trocknungsanlage auf ca. 90 % TS getrocknet. Es handelt sich hierbei um eine Menge von 9.329 $m^3$/a (25 % TS).

Die durchschnittliche Transportstrecke von 1 $m^3$ Klärschlamm, der transportiert werden muss (als Nassschlamm oder entwässert), beträgt bei dieser Variante 18 km.

**Variante 2: Zwei Standorte (Nord-Süd-Teilung)**

Um die Transportwege zu reduzieren, wird die Klärschlammtrocknung bei dieser Variante auf zwei Standorte verteilt, auf den nördlichen und auf den südlichen Teil des Landkreises. Bei der Gebietsaufteilung wurde sich an der bestehenden Aufteilung für ein bereits existierendes Konzept für die Fäkalschlammentsorgung im Landkreis orientiert.

Durch diese Aufteilung kann die durchschnittliche Transportstrecke von 1 m³ Klärschlamm im Vergleich zur Variante 1 um 3 km auf 15 km reduziert werden.

Die Kläranlage Kelheim dient hier als Standort für den nördlichen Landkreis. Wegen der oben erwähnten Schwierigkeiten wurde für den südlichen Teil nicht die Kläranlage Mainburg gewählt, sondern die Firma Högl in Volkenschwand, welche mit der Firma Pöppel aus Kelheim zusammenarbeitet.

Auf Grund der Entfernungen der einzelnen Kläranlagen zu den Standorten im Norden und im Süden ergibt sich, dass wesentlich mehr als die Hälfte des insgesamt anfallenden Klärschlammes, nämlich knapp 80 %, nach Kelheim geliefert werden. Die Kläranlagen Aiglsbach und Biburg liefern ihren Schlamm zunächst wieder auf eine nahe gelegene Kläranlage zur Entwässerung, bevor es weiter zur Trocknung geht.

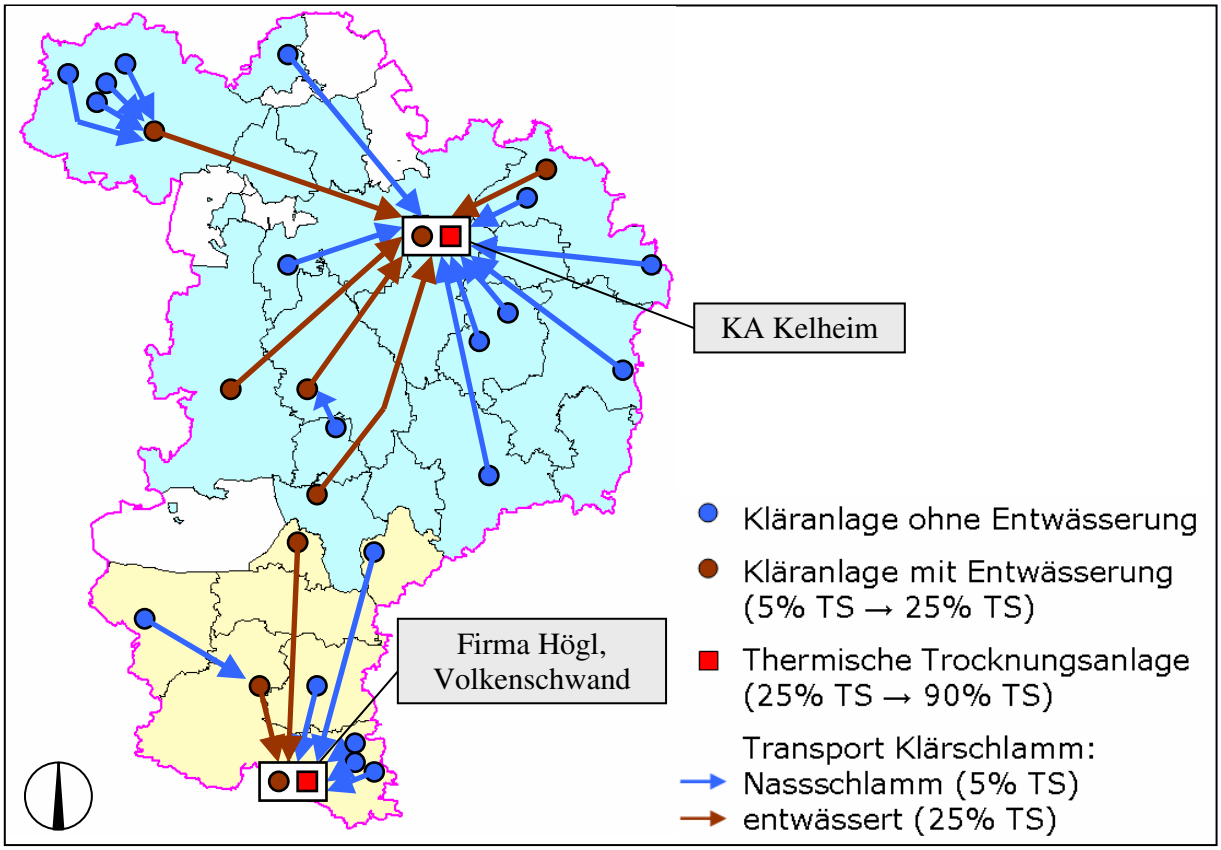



**Abbildung 13: Schema Variante 2**

In Kelheim werden bei dieser Variante zunächst insgesamt 16.927 m³/a Klärschlamm mit einem TS von 5 % auf 25 % entwässert. Anschließend werden

7.320 $m^3$/a entwässerten Klärschlammes (25 % TS) in einer thermischen Trocknungsanlage auf ca. 90 % TS getrocknet. Bei der Firma Högl in Volkenschwand hingegen werden 647 $m^3$/a Klärschlamm mit einem TS von 5 % auf 25 % entwässert, bevor 2.009 $m^3$/a (25 % TS) in der Trocknungsanlage auf ca. 90 % TS getrocknet werden. Diese Menge an Klärschlamm erscheint auf den ersten Blick etwas wenig, um die für die Firma Högl nötigen Investitionen zu rechtfertigen. Man muss aber beachten, dass die Firma in Volkenschwand sehr nahe an der Kreisgrenze zum Landkreis Landshut sitzt und somit auch als Entsorger für die dortigen Gemeinden dienen kann.

**Variante 3: Drei Standorte (Aufteilung Nord-Mitte-Süd)**

Eine weitere Reduzierung der Transportstrecken (auf durchschnittlich 14 km pro $m^3$ Klärschlamm) kann erreicht werden, wenn man den Landkreis in drei Gebiete einteilt. Auch hier konnte sich an der ursprünglich geplanten Gebietsaufteilung für die Fäkalschlammentsorgung im Landkreis Kelheim orientiert werden.
Bei dieser Variante sind drei Standorte für eine Klärschlammtrocknung geplant: Die Kläranlage Kelheim im Norden, im mittleren Landkreis die Kläranlage Abensberg und im Süden die Kläranlage Mainburg. 50 % des landkreisweiten Klärschlammes werden hierbei in Kelheim behandelt, 30 % in Abensberg und 20 % in Mainburg.

In Abensberg und Mainburg ist aufgrund der geringeren Schlammmengen an Stelle einer konventionellen Trocknungsanlage eine solare Klärschlammtrocknung geplant. Damit werden zwar erfahrungsgemäß niedrigere TS-Gehalte (ca. 70 %) erreicht, doch auch dieser Schlamm kann von den Entsorgern angenommen werden.

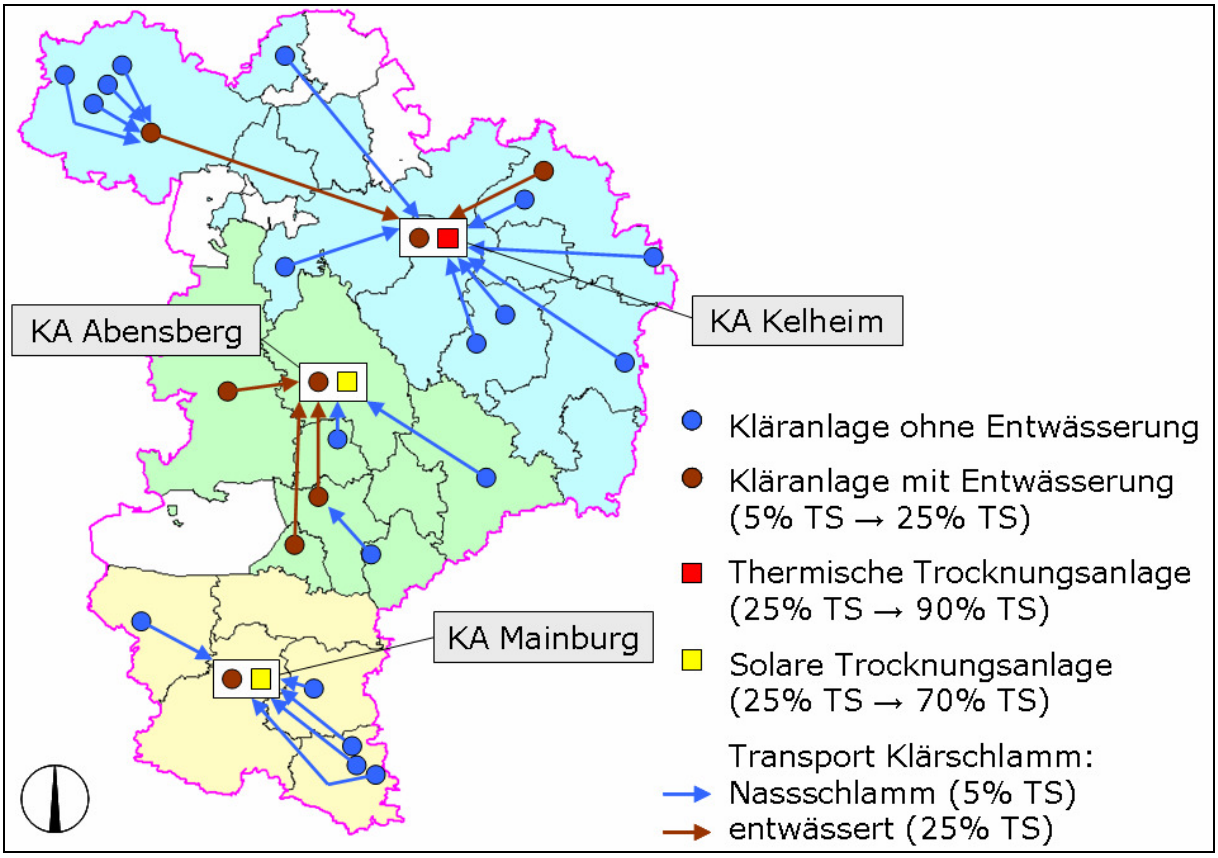



**Abbildung 14: Schema Variante 3**

Lediglich die Kläranlage Wildenberg liefert ihren Schlamm zunächst nass nach Siegenburg, bevor dieser in Abensberg getrocknet wird. Bei allen anderen Anlagen wird der Klärschlamm auf direktem Weg, also ohne Umweg über eine andere Kläranlage zur Entwässerung, zu einem der drei zentralen Standorte transportiert, je nach Kläranlage entwässert oder als Nassschlamm.

So werden in Kelheim zunächst 14.727 m³ (5 % TS) jährlich entwässert, anschließend 4.670 m³ (25 % T) auf 90 % TS getrocknet. In Abensberg müssen pro Jahr 7.450 m³ Nassschlamm entwässert werden und im zweiten Schritt werden dann 2.780 m³ entwässerter Schlamm solar getrocknet. 9.397 m³ Nassschlamm werden in Mainburg entwässert, die solare Trocknungsanlage erhält 1.879 m³ Schlamm zur Trocknung.

**Kostenvergleich ausgewählter Lösungswege**

Um eine Empfehlung für eine der vorgestellten Varianten aussprechen zu können, müssen die Varianten auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden. Hierzu eignet sich eine Kostenvergleichsrechnung (KVR) nach den Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, welche von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erstellt wurden. In diesem Verfahren wird die relative Wirtschaftlichkeit der Varianten untersucht, d.h. man vergleicht die Varianten miteinander, um herauszufinden, welche von ihnen am wirtschaftlichsten ist.

Als Bezugszeitpunkt wird hierbei Ende des Jahres 2007 deklariert. Der Untersuchungszeitraum wird auf 25 Jahre festgelegt. Dies ist ein typischer Erfahrungswert für Abwasserbehandlungsanlagen [2, S. 12]. Der Realzinssatz wird mit
3 % pro Jahr angenommen [2, S. 14].

| | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|---|---|---|---|
| Investitionskosten | 3.050.000 € | 2.500.000 € | 4.266.000 € |
| laufende Kosten | 795.000 €/a | 787.000 €/a | 736.000 €/a |
| Reinvestitionskosten | 1.482.000 € | 1.201.000 € | 1.506.000 € |
| Projektkostenbarwert (2007) | 17.796.000 € | 16.930.000 € | 18.140.000 € |
| Jahreskosten gesamt | 1.022.000 €/a | 972.000 €/a | 1.042.000 €/a |
| Jahreskosten pro m³ Klärschlamm (5 % TS) | 21,91 € | 20,84 € | 22,34 € |

**Tabelle 3: Vergleich der Varianten**

In Tabelle 3 sind sowohl die Projektkostenbarwerte als auch die Jahreskosten der drei Varianten einander gegenübergestellt. Die Jahreskosten sind einmal als insgesamt pro Jahr anfallende Kosten und einmal als Kosten für einen m³ Klärschlamm dargestellt. Diese Werte gelten für einen Realzinssatz von 3 % pro Jahr.

**Entscheidungsfindung und Empfehlung**

Wie im Kapitel 0 (Kostenvergleich ausgewählter Lösungswege) ermittelt wurde, ist Variante 2 am wirtschaftlichsten. Diese Variante stellt den besten Kompromiss aus anfallenden Investitionskosten und laufenden Kosten dar. Der Projektkostenbarwert (bezogen auf das Jahr 2007) beträgt hierbei 16,93 Mio. € und liegt somit um 0,87 Mio. € unter dem Wert für Variante 1 und 1,21 Mio. € unter dem Wert für Variante 3. Diese Werte gelten für einen Untersuchungszeitraum von 25 Jahren sowie für einen Realzinssatz von 3 % pro Jahr.

Für einen m³ Klärschlamm (5 % TS) sind bei Variante 2 voraussichtlich 20,80 € für die Entwässerung und anschließende Trocknung auf 90 % TS zu bezahlen. Für die endgültige Entsorgung des getrockneten Schlammes werden allerdings noch zusätzliche Kosten fällig. Dieser Kostenfaktor schwankt sehr stark je nach Art der Entsorgung in einem Bereich von 40 bis 100 € je Tonne getrockneten Schlammes. Umgerechnet auf Nassschlamm mit 5 % TS sind dies zusätzliche Kosten von 2,30 bis 5,80 €/m³.

Wie die durchgeführten Empfindlichkeitsprüfungen gezeigt haben, ist Variante 2 auch bei veränderten Realzinsannahmen sowie anderen Ansätzen der Investitionskosten die kostengünstigste Alternative.

Ein weiteres Argument für Variante 2 ist der ökologische Faktor: Zum einen sind bei diesem Konzept die Transportmengen und –strecken relativ gering, zum anderen werden hier die im Landkreis bereits vorhandenen Energiemengen bestmöglich genutzt. Sowohl die Kläranlage Kelheim als auch die Firma Högl produzieren derzeit mehr Wärmeenergie, als sie selbst verbrauchen können. Diese überschüssige Wärme kann bei Variante 2 bestmöglich zur Klärschlammtrocknung beitragen. Gerade vor dem Hintergrund hochaktueller Diskussionen bezüglich Klimaerwärmung und Reduzierung des $CO_2$-Ausstoßes darf eine umfassende und weitsichtige Planung dieses Argument nicht vernachlässigen.

Aus oben genannten Gründen wird an dieser Stelle empfohlen, bei der Erstellung eines landkreisweiten Klärschlammentsorgungskonzeptes Variante 2 weiter zu verfolgen.

Es sollte allerdings erwähnt werden, dass man sich hierbei zu einem Teil an ein privates Entsorgungsunternehmen bindet. Langfristige Preisentwicklungen können nicht zuverlässig und mit Sicherheit vorausgesagt werden. Da es sich hierbei nur um etwa
20 % des landkreisweiten Klärschlammes handelt, welcher von der Firma Högl bearbeitet wird, ist dieser Faktor tolerierbar.

**Möglichkeiten eines regionalen Zusammenschlusses**

Haben sich die Gemeinden einmal für eine landkreisweite Zusammenarbeit bei der Klärschlammentsorgung entschieden, so stellt sich eine weitere interessante Frage, nämlich nach der Organisationsform eines regionalen Zusammenschlusses bei der gemeinsamen Klärschlammentsorgung. Die Gemeinden sind bei der Wahl der Rechtsform grundsätzlich frei; es handelt sich um eine kommunalpolitische Entscheidung im Rahmen der Gemeindeautonomie. Mehrere grundsätzliche Möglichkeiten sind hierbei denkbar.

**Gründung eines Zweckverbandes**

Unter einem Zweckverband versteht man einen öffentlich-rechtlichen Zusammenschluss von mehreren kommunalen Gebietskörperschaften (Gemeinden) mit dem Ziel, eine bestimmte Aufgabe gemeinsam zu erledigen. Dies kann eine gemeinsame Wasserversorgung oder Abwasserentsorgung, Betrieb eines Krankenhauses oder der öffentliche Personennahverkehr sein. Die Gründung eines Zweckverbandes ist nach wie vor die bekannteste und am meisten verbreitete Form einer interkommunalen Zusammenarbeit. So ist beispielsweise der Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Raum Kelheim zuständig für das kommunale Abwasser in Kelheim und in den angrenzenden Gemeinden Saal und Essing.

Aufgaben, Mitglieder, Stimmverteilung, Name des Zweckverbandes sowie Finanzierungsanteile der Mitglieder werden in einer Verbandssatzung festgeschrieben.

Rechtlich gesehen handelt es sich bei einem Zweckverband sowohl um eine Körperschaft des öffentlichen Rechts als auch um einen Gemeindeverband.

**Gründung eines kommunalen Unternehmens**

Unter einem kommunalen Unternehmen versteht man einen wirtschaftlichen Betrieb mit einer Gemeinde als Betreiber. Es stellt eine Unterform des öffentlichen Unternehmens dar.

Kommunale Unternehmen werden in vielen Bereichen eingesetzt, beispielsweise für Ver- und Entsorgung, Infrastruktur, soziale Aufgaben, Wirtschaftspolitik sowie technische und ökologische Aufgaben, um nur einige zu nennen.

Wichtiges Kriterium kommunaler Unternehmen ist die Bindung an einen öffentlichen Zweck. Somit ist diesen Unternehmen eine lediglich erwerbswirtschaftliche Betätigung nicht erlaubt, wenn das einzige Ziel dabei eine Gewinnerwirtschaftung ist.

Es gibt vielfältige Rechts- und Organisationsformen für kommunale Unternehmen. Zum einen kann dies in öffentlich-rechtlichen Rechtsformen (vorwiegend in Eigenbetrieb oder als Kommunalunternehmen) umgesetzt werden, zum anderen aber auch in privatrechtlicher Form (als GmbH, gemeinnützige GmbH oder als Aktiengesellschaft).

Bei der Wahl der Rechtsform ist allerdings immer darauf zu achten, den Einfluss und das Durchsetzungsrecht der Kommunen zu sichern, auch bei privatrechtlichen Lösungen. Hierbei ist die Gründung einer GmbH am besten geeignet.

Mehr und mehr gewinnt die privatrechtliche GmbH an Bedeutung. Im Vergleich zum klassischen Zweckverband hat man bei dieser Organisationsform bei manchen Entscheidungen mehr Spielraum, so zum Beispiel bei der Vergabe von Aufträgen.

**Fazit und Ausblick**

Mit der Erstellung eines landkreisweiten Entsorgungskonzeptes für den Landkreis Kelheim wird auf verschiedene Entwicklungen eingegangen:

Die in Kürze in Kraft tretende novellierte Klärschlammverordnung wird eine landwirtschaftliche Verwertung stark erschweren. Hinzu kommt das Ziel der bayerischen Staatsregierung, mittelfristig aus der landwirtschaftlichen sowie landbaulichen Verwertung auszusteigen. Nicht zu vernachlässigen ist die schwindende Akzeptanz seitens der Nahrungsmittelindustrie und der Verbraucher, unabhängig von geltenden oder zukünftigen Gesetzen und Grenzwerten. Dieser psychologische Faktor spielt immer mehr eine wichtige Rolle und zwingt die Landwirte zunehmend, die Ausbringung von Klärschlamm auf ihren Feldern zu beenden.

Die Zukunft der Klärschlammentsorgung in Bayern liegt eindeutig in der energetischen Verwertung. Dies geschieht derzeit hauptsächlich noch in wenigen einzelnen großtechnischen Anlagen. Langfristig sollte aber auch die Möglichkeit

einer eigenen Verbrennungsanlage für den Landkreis Kelheim nicht außer Betracht gelassen werden. Die Trocknung des Schlammes, wie es in den untersuchten Varianten vorgesehen ist, bietet dafür eine ideale Ausgangslage. Für die Verbrennung gibt es bereits eine Vielzahl von alternativen Verfahren, welche speziell für einen kleineren Maßstab entwickelt wurden. Ob dies bereits für den Landkreis Kelheim alleine rentabel sein kann, muss geprüft werden. Auch eine Zusammenarbeit mit anderen Landkreisen (z.B. Landkreis Neumarkt, Landkreis Landshut) ist vorstellbar.

Abschließend soll betont werden, dass nach Wegfall der landwirtschaftlichen Verwertung eine preisgünstige Entsorgung von kommunalem Klärschlamm nur bei kommunaler Zusammenarbeit möglich sein wird.

**Literatur- und Quellenverzeichnis**


[1] Leschber, Reimar: Klärschlamm (ATV-Handbuch), 4. Auflage
Ernst & Sohn Verlag, Berlin
© 1996

[2] Ottl, Andreas: Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen
Vorlesungsmanuskript „Sonderkapitel des Wasserbaus“
© 2007

[3] Wendenburg, Helge/ Bergs, Claus-Gerhard:
Stand der Novellierung der Klärschlammverordnung
DWA, Hennef
© 2007

# Welche Vorteile bietet die interkommunale Klärschlammbehandlung in Dinkelsbühl?

Jürgen Hübner

Stadtwerke Crailsheim

**Jürgen Hübner - KSV GmbH c/o Stadtwerke Crailsheim GmbH**
Friedrich-Bergius-Str. 10-14, 74564 Crailsheim
Tel.: 07951/305-370, mail: juergen.huebner@stw-crailsheim.de



# Thermische Mineralisierung von Klärschlamm

nach dem

# ‚Crailsheimer Modell'

Projektentwicklung und Umsetzung

durch die Strom Gas Fernwärme Wasser Bäder STADTWERKE CRAILSHEIM GMBH

## Unsere Kennwerte – Unsere Partner

ca. 20.000 Kunden
123 Mitarbeiter/innen

Hallen- und Freibäder:

175.000 Gäste in 2006

ca. 210 Mio € Gesamt-Umsatzerlöse
ca. 80 Mio € Gesamt-Bilanzsumme

40.000 Gäste in 2006

**Beteiligungen/ Betriebsführung**

ecoSWITCH AG – Die Energie-Compagnie
Fränkische Wasser Service GmbH
Stadtwerke Neuffen AG – Energielieferant für Neuffen und Bezirk
KSV
Wasserversorgung Jagstgruppe
SWD Stadtwerke Dinkelsbühl
Städtische Werke Rothenburg o.d.T.



## Themen

- Kommunale Aufgabe
- Gesellschaftsstruktur
- Technisches Anlagenkonzept
- Umweltentlastung/ Nachhaltigkeit
- Förderung

## EU Projekt MUSEC

- **MU**ltiplying **S**ustainable **E**nergy in **C**ommunities
- Die Europäische Kommission fördert im Rahmen des Programms 'Intelligent Energies Europe' die **Verbreitung einer nachhaltigen Energieversorgung in Kommunen**
- Die Stadtwerke Crailsheim sind seit September 2006 als einziger gewerblicher Partner Deutschlands in das europäische Netzwerk eingebunden.
- Umsetzung der 3 E´s auf lokaler Ebene
- Info´s unter www.musec-crailsheim.de

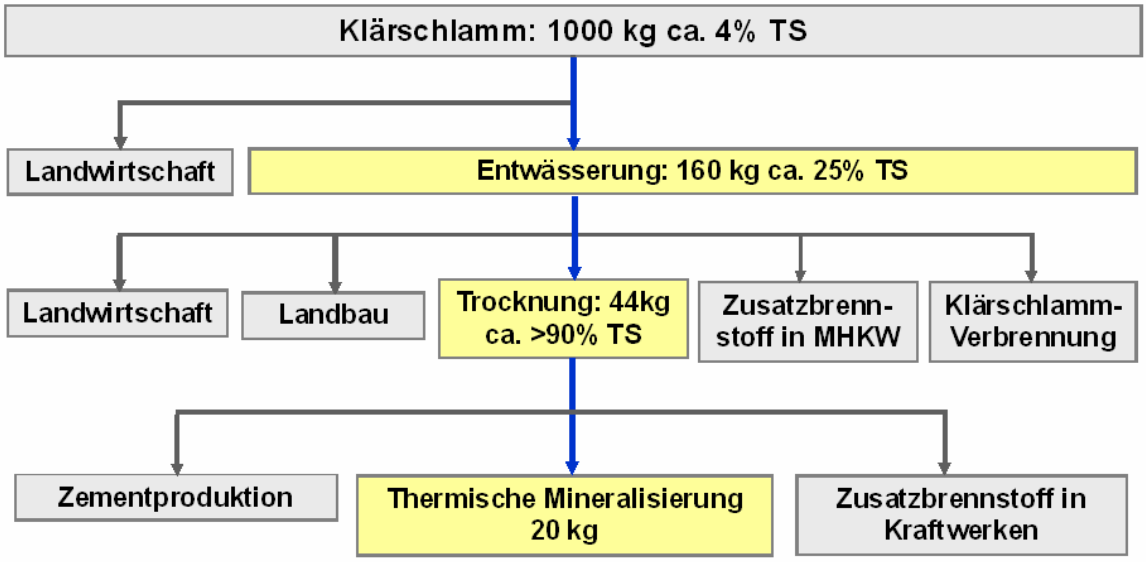
Intelligent Energy Europe



## Warum beschäftigen wir uns mit Klärschlamm ?

- Abwasserreinigung ureigenste Aufgabe der Kommune
- Schadstoffsenke Klärschlamm
- „Kreislaufwirtschaft" ? Klärschlammausbringung auf Böden?
- Klärschlammtourismus
- Energienutzung

## Möglichkeiten der Klärschlammverwertung

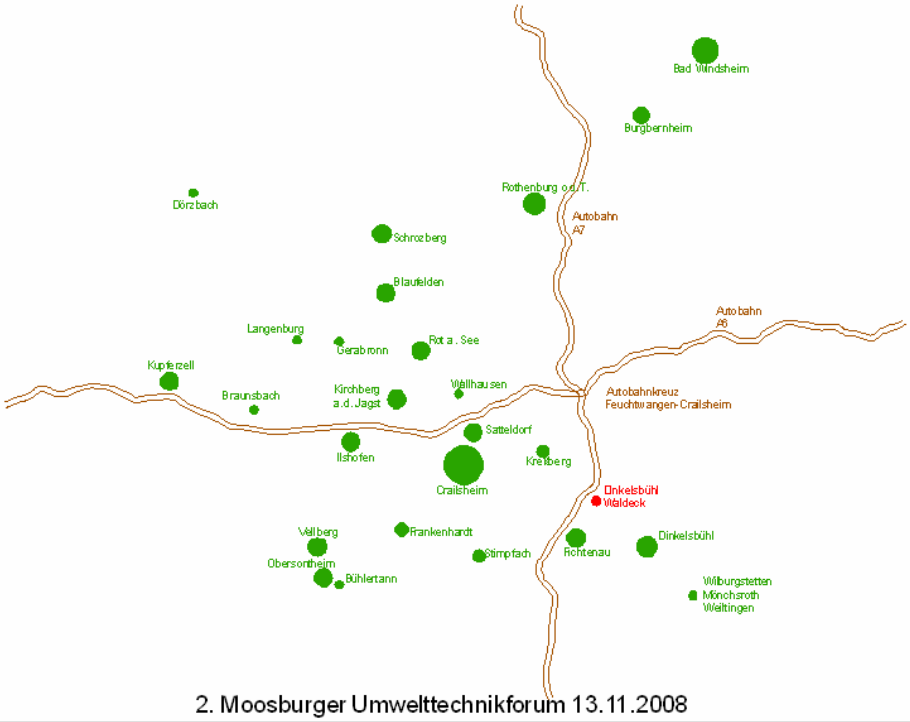





## Thermische Mineralisierung von Klärschlamm

27 Kommunen sind als Partner an der Gesellschaft beteiligt.
Der Spatenstich fand im Herbst 2006 statt.

# Gesellschafter der KSV






# Gesellschaftsstruktur

**Gesellschaftsversammlung**

25 Gesellschafter vertreten 27 Kommunen aus Baden-Württemberg und Bayern

↓

**Aufsichtsrat**

11 Mitglieder

↓

**Geschäftsführung**

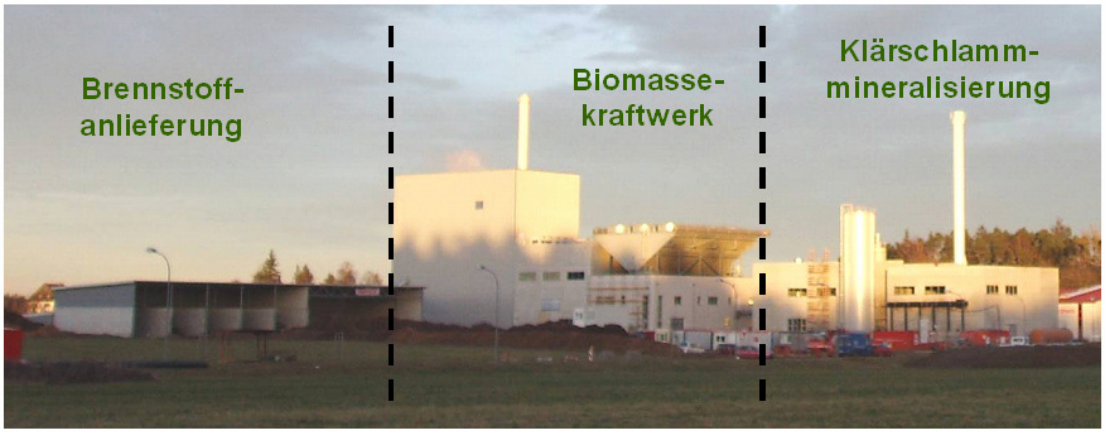
erfolgt durch die Stadtwerke Crailsheim GmbH

↓

**Betrieb**

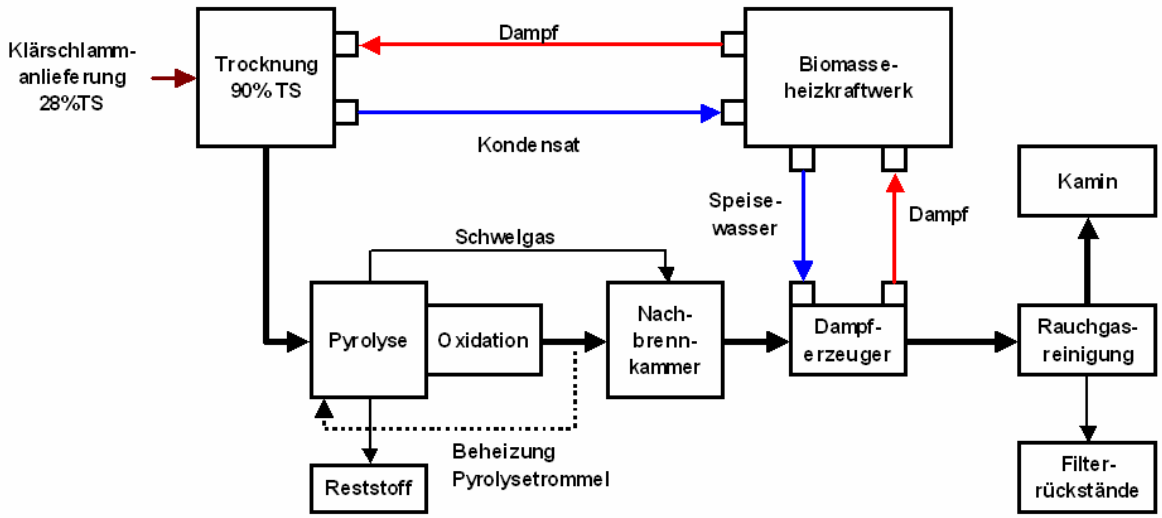
KSV-Personal betreibt die Anlage

## Anlagenansicht



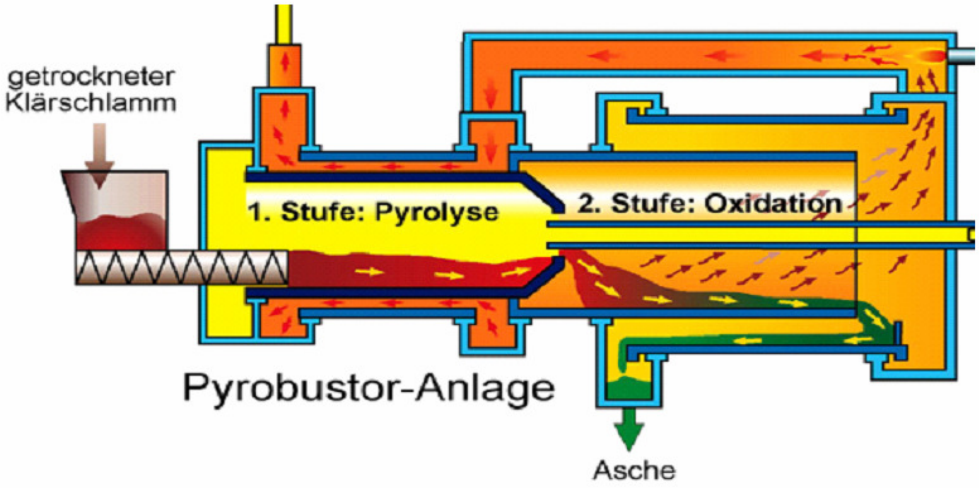



## Technisches Anlagenkonzept



## Thermischen Mineralisierung im Drehrohr

nach dem Prinzip des Pyrobustor®
der Fa. Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG, Holzgerlingen






## Klärschlamm - Bandtrockner

## Der Pyrobustors®

## Klärschlammverwertung

für 300.000 EW-Gleichwerte ~ 180.000 EW

| | |
|---|---|
| Klärschlammmenge (entw.) | max. 22.000 t/a |
| Trockengutmaterial | ca. 6.400 t/a |
| Betriebsstunden | 7.800 h/a |
| Klärschlammtrocknung | Bandtrockner |
| Durchsatz Trocknung | 2,8 t/h |
| Wasserverdampfung | 2 t/h |
| Wärmebedarf Trocknung | 13.570 MWh/a |
| Klärschlammmineralisierung | Pyrobustor® |
| Trockengutdurchsatz | 650 kg/h |
| Inertmaterialanfall | 300 kg/h |

## Technische Daten Biomassekraftwerk

| | |
|---|---|
| Feuerungswärmeleistung | 32 MW |
| Dampfparameter | 63 bar. 485°C |
| Betriebsstunden | 8.000 h/a |
| Elektrische Leistung | ca. 9 MW<br>72.000 MWh/a |
| Brennstoffbedarf | 60-80.000 t/a |
| Wärmeabgabe Fernwärme | 8 MW<br>16.000 MWh |
| Wärmeabgabe Produktion | 2 MW |



## Umweltentlastung

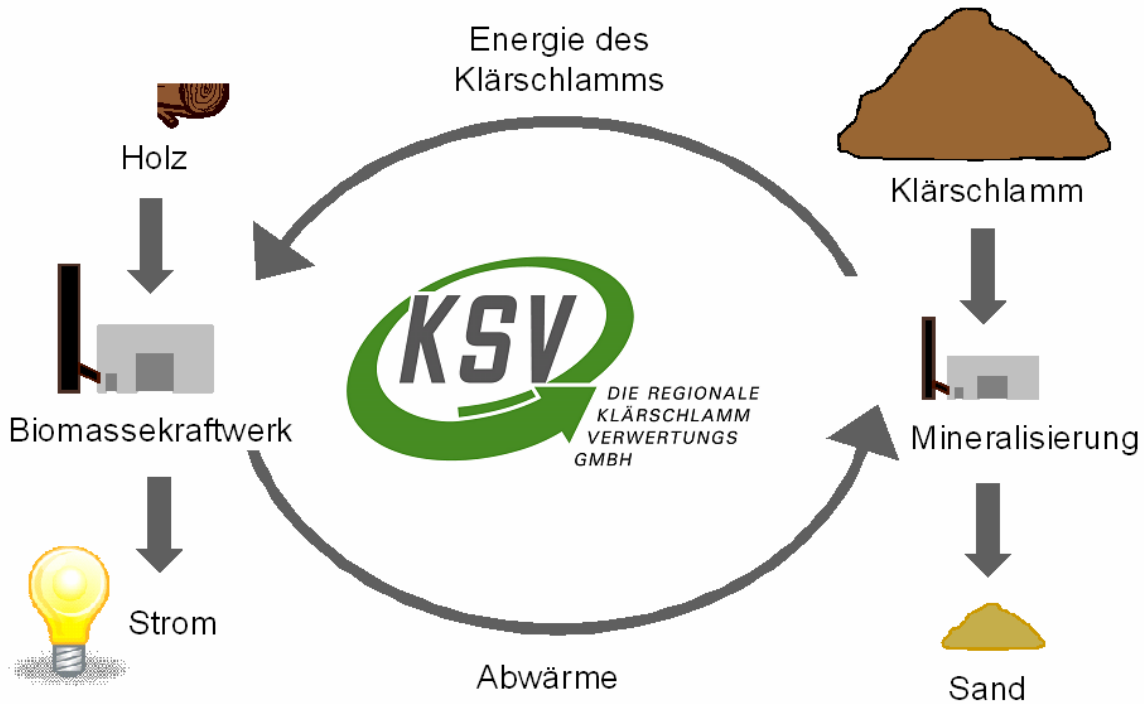
- Reduzierung des Verkehrsaufkommen um ca. 400.000 km/a
- $CO_2$-Reduktion durch Nutzung vorhandener Trocknungswärme 6.700 t/a
- $CO_2$-Reduktion durch regenerative Stromerzeugung 60.000 t/a

# Vorteile die nachhaltig sind

- Selbstbestimmung der Klärschlammverwertung durch eine Gemeinschaftsanlage
- Modelhafte Anlagenkombination als Pilotanlage
- Duplizierungsmöglichkeit für andere Regionen
- Die ‚3 E' – **E**nergieeffizienz, **E**nergieeinsparung und **E**rneuerbare Energien – werden in einer Anlage umgesetzt



# Das Crailsheimer-Modell der 3 E - Umsetzung



# Förderung

- Biomasseanlage → keine Förderung
- Investitionszuschuss aus dem BMU-Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben für den Bereich Klärschlammbehandlung
- Investitionszuschuss von den Ländern Baden-Württemberg und Bayern für den Bereich der energetischen Verknüpfung

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

kfw FÖRDERBANK



Zusammenkunft ist ein Anfang.

Zusammenhalt ist ein Fortschritt.

Zusammenarbeit ist der Erfolg.

(Henry Ford)

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**

# Die Thermodruckhydrolyse – ein alternatives Verfahren zur Klärschlammbehandlung?

Rudolf Stahl

Fa. Scheuchl GmbH
Ortenburg

## 1 Einleitung

Die Verwertung von Biomasse durch anaerobe Vergärung ist ein mehrstufiger Prozess, der in der Regel mit einer Zerkleinerung der Inputstoffe und einem anschließenden Anmaischen bis zur Förder- oder Pumpfähigkeit beginnt. Bei Klärschlamm findet diese Behandlung bereits vor Beginn des eigentlichen Klärprozesses statt.

Danach folgt eine Desintegration durch einen Hydrolyseschritt, der im natürlichen Ablauf zum Teil erhebliche Zeit in Anspruch nimmt. Vorhandene Cellulosen, Proteine und Fette oder Öle werden durch den Hydrolyseschritt in Glucose, Cellobiose, Pentose, Aminosäuren, Glycerin oder Fettsäuren gespalten. Schließlich erfolgt der weitere anaerobe Abbau mit der Bildung von Biogas, das als Produkt für die weitere Verwertung gewonnen wird.

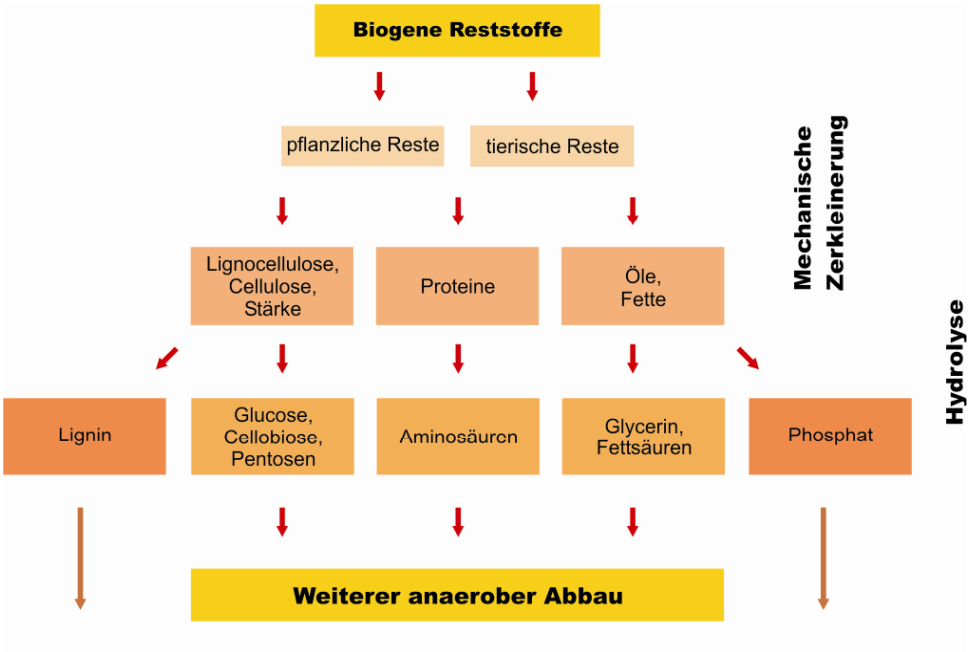



*Bild 1* *Anaerober Abbau biogener Reststoffe mit den Vorstufen Zerkleinerung und Hydrolyse*

Im Rahmen der Vorbehandlung vor dem eigentlichen Vergärungsschritt kann ein weiterer technischer Prozessschritt der Desintegration/Hydrolyse eingeführt werden, bei dem durch Zellaufschluss eine Ertragssteigerung oder eine Prozessbeschleunigung erzielt wird.

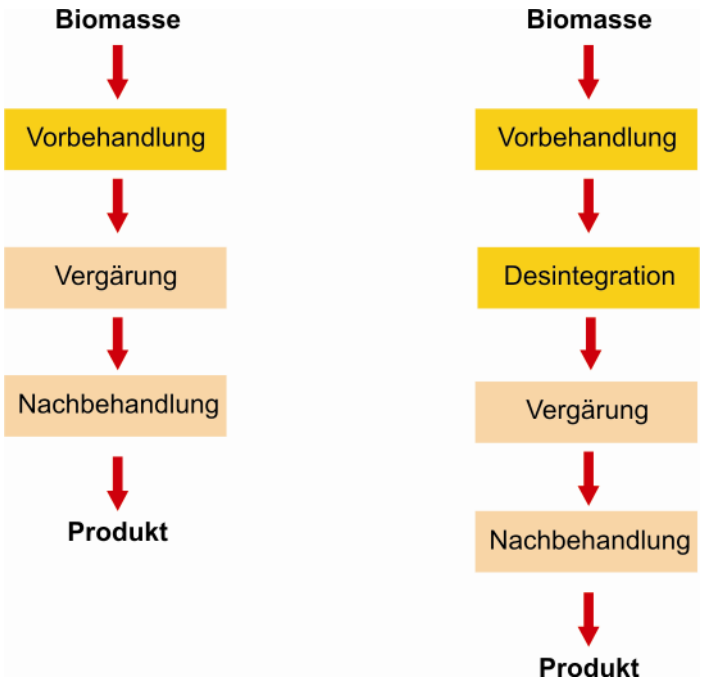



*Bild 2* *Links: Konventionelle Aufbereitung mit nachfolgender Vergärung*
*Rechts: Vorbehandlung mit anschließender Desintegration und nachfolgender Vergärung*

## 2 Desintegrations- Verfahren / Hydrolyse

Unter Hydrolyse versteht man die Spaltung langkettiger, organischer Moleküle in monomere Bausteine durch Anlagerung von Wasser [1]. Die Hydrolyse erfolgt

- chemisch durch den Einfluss von Säuren oder Laugen,
- biochemisch katalysiert durch Enzyme,
- physikalisch durch Druck- und Temperaturerhöhung oder
- in Kombination dieser verschiedenen Mechanismen.

Im natürlichen Ablauf erfolgt der Hydrolyseschritt durch enzymatische, biologische Hydrolyse vor der nachfolgenden anaeroben Vergärung. Dieser Prozessschritt nimmt im gesamten Ablauf die längste Zeit in Anspruch. Aus diesem Grund wird sehr häufig ein technischer Hydrolyseschritt in den Prozess integriert, der die Verweilzeiten deutlich absenkt. Bezüglich der Klärschlammverwertung existieren umfangreiche Untersuchungen und eine Vielzahl von Verfahren, die jedoch nicht immer das Kriterium der Wirtschaftlichkeit erfüllen.

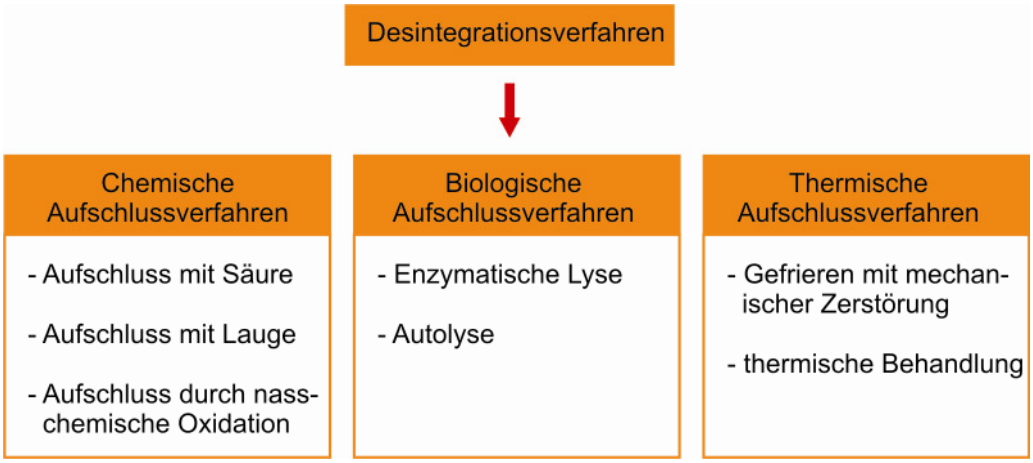
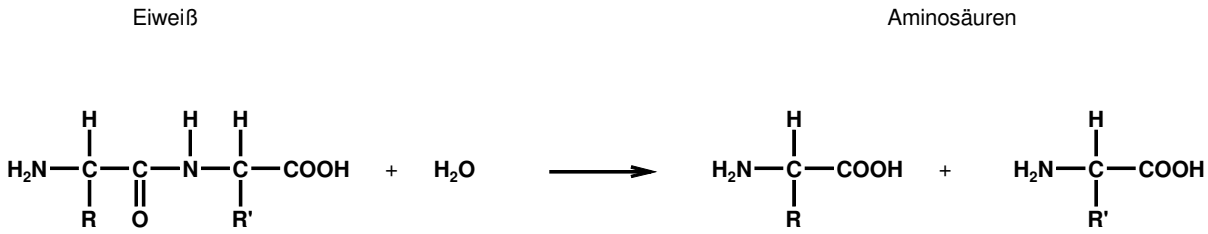


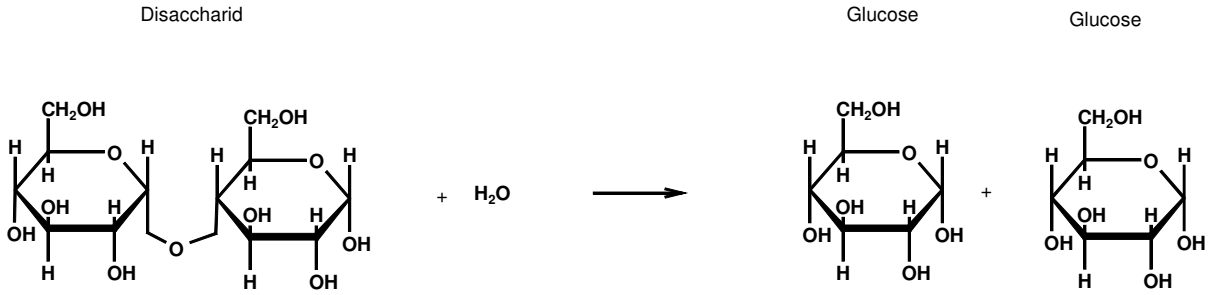

*Bild 3 Einteilung der Desintegrationsverfahren*

Vereinfacht dargestellt, verlaufen für verschiedene Ausgangsstoffe die Hydrolysereaktionen wie folgt:

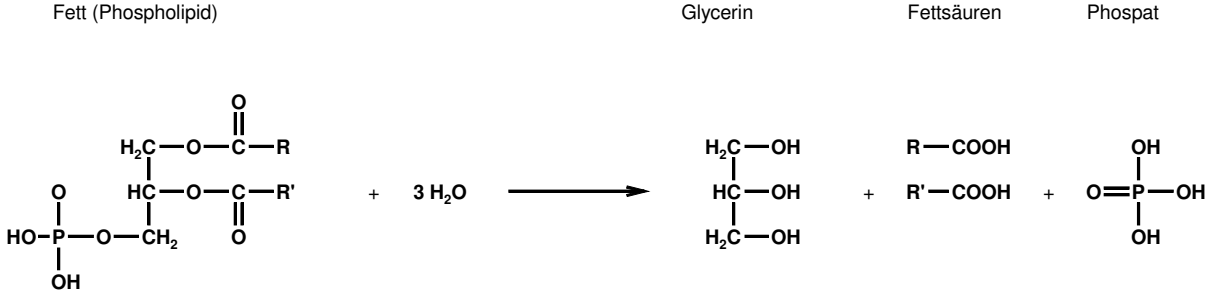
**Hydrolyse von Eiweiß:**




**Hydrolyse von Kohlenhydraten:**




**Hydrolyse von Fett:**



## 2.1 Chemische Desintegration

Durch Zugabe von starken Säuren oder Laugen (z.B. HCl, $H_2SO_4$, NaOH) beschleunigt sich die Hydrolysegeschwindigkeit proportional zur $H^+$- oder $OH^-$ -Konzentration in der Lösung.

Komplexe Moleküle, wie Zucker, Stärke oder Proteine werden in Monomere gespalten. Die Zellwandstrukturen von Mikroorganismen werden aufgelöst, wodurch der Zellinhalt für den nachfolgenden, anaeroben Abbau verfügbar wird [2]. Um die Reaktionsgeschwindigkeit zu steigern, kann die chemische Hydrolyse auch bei erhöhter Temperatur durchgeführt werden. Nachteilig bei dem Verfahren ist der teilweise recht hohe Bedarf an Säuren oder Laugen.

## 2.2 Biologische Desintegration

Die biologische Hydrolyse erfolgt durch die Aktivität von Enzymen. Enzyme sind Proteine (Zellulasen, Proteasen, oder Carbohydrasen), die bereits in geringer Menge als Biokatalysatoren die Reaktionsgeschwindigkeiten bei normalen Umgebungsbedingungen beschleunigen [3]. Die Zugabe der Enzyme bewirkt häufig über die Hydrolyse hinaus ein verbessertes Entwässerungsverhalten der Gärreste. Im natürlichen Ablauf erfolgt die Hydrolyse immer durch biologische Desintegration.

## 2.3 Thermische Desintegration

Bei der thermischen Desintegration sind Verfahren bei Temperaturen unter 100°C und bei Temperaturen über 100°C zu unterscheiden.

Bei der niederthermischen Vorbehandlung von zum Beispiel kommunalen Klärschlämmen wurden ein gesteigerter oTR-Abbau sowie höhere Biogaserträge festgestellt. Bereits bei einer Behandlung mit einer Temperatur von ca. 80°C konnte eine Erhöhung der Methanproduktion von ca. 15% nachgewiesen werden [4]. Darüber hinaus zeigen sich bereits bei Beaufschlagung mit niedrigen Temperaturen ab 70°C positive Effekte bezüglich der Schaumbildung im Faulbehälter.

Deutlich stärkere Effekte ergeben sich jedoch bei der Behandlung mit Desintegrationstemperaturen von über 100°C.

# 3 TDH®-Verfahren

Die Thermo-Druck-Hydrolyse wurde bereits in den frühen 40-er-Jahren zur Konditionierung von Klärschlamm untersucht. Ziel der Untersuchungen war es, Zellstrukturen aufzubrechen und den Zellinhalt biologisch verfügbar zu machen. Neben der Erhöhung der Biogasausbeute ergaben sich zusätzlich deutlich verbesserte Entwässerungseigenschaften der Schlämme [5].
Von der Still Otto GmbH wurden die Untersuchungen zur Hydrolyse mikrobieller Biomassen in den späten 80-er-Jahren fortgeführt. Das Verfahren wurde in einer Technikumsanlage erfolgreich bei Hydrolysetemperaturen von bis zu 300°C eingesetzt. Insbesondere bei höheren Temperaturen wurden jedoch auch nachteilige

Reaktionen festgestellt. Aus firmeninternen Gründen wurden die Untersuchungen Mitte der 90-er Jahre eingestellt.
Das ATZ-Entwicklungszentrum hat schließlich die Untersuchungen aufgegriffen und eine weitreichende Erforschung des Verfahrens mit einer Vielzahl verschiedener biogener Reststoffe durchgeführt [6]. Im Ergebnis liegen heute Prozessparameter (Temperaturbereiche, Druckwerte und Verweilzeiten) für diese untersuchten Ausgangsstoffe vor, mit denen eine optimale Steigerung der Biogasproduktion beziehungsweise eine maximal mögliche Verkürzung der Faulzeiten erreicht werden können.
Zusammen mit der R. Scheuchl-GmbH wurde das Verfahren zur Serienreife entwickelt und auch im großtechnischen Maßstab realisiert.

## 3.1 Verfahrensbeschreibung TDH®-Verfahren

Bei dem TDH®-Verfahren handelt es sich um einen kontinuierlichen Prozess zur beschleunigten Hydrolyse unter Anwendung hoher Temperaturen bei hohem Druck.
Die Inputstoffe werden zunächst in einer Vorbehandlungsstufe mechanisch auf eine Partikelgröße mit maximaler Kantenlänge von 10 bis 12mm zerkleinert und anschließend so angemaischt, dass die entstehende Suspension gut pumpbar ist.
Nach dem Anmaischen gelangt der Inputstoff in die TDH®-Anlage. Dort wird mit einer Hochdruckpumpe je nach Inputstoff ein Druck zwischen 20 und 30 bar erzeugt. In einem ersten Wärmeaustauschersystem erhöht sich die Temperatur der Suspension unter Ausnutzung der im bereits behandelten Hydrolysat enthaltenen Wärmeenergie auf eine Temperatur von ca. 140°C bis 180°C. Anschließend erfolgt eine weitere Temperaturerhöhung auf die notwendige Hydrolysetemperatur von je nach Inputmaterial zwischen 170°C und 220°C über einen thermalölgespeisten Wärmeaustauscher. Das Thermalöl wird im Normalfall unter Ausnutzung der im Rauchgas des BHKW vorhandenen Wärmemenge erhitzt. Es kann aber jede andere Form von Hochtemperaturenergie genutzt werden. Mit der Hydrolysetemperatur bei einem Druck über dem Dampfdruck gelangt die Suspension in flüssiger Form in den Hydrolysereaktor. Dort erfolgt bei einer Verweilzeit von etwa 20 Minuten die Hydrolyse der Suspension.
Das hydrolysierte Material wird dem oben beschriebenen Wärmeaustauschersystem zugeführt, ein Großteil der mitgeführten Wärmeenergie wird auf das Inputmaterial übertragen und das Hydrolysat wird in einem speziell entwickelten Entspannungssystem auf Umgebungsdruck entspannt. Schließlich erfolgt je nach Temperaturanforderung im Faulbehälter eine weitere Abkühlung, bevor das Hydrolysat dem Fermenter zugeführt wird. Das im Fermenter entstehende Biogas wird in einem BHKW verstromt, wobei bereits die thermische Energie aus dem Rauchgas ausreicht, den Wärmebedarf für den TDH®-Prozess zur Verfügung zu decken.

## 3.2 TDH®-Verfahren bei Klärschlamm

Anstelle der konventionell betriebenen Ausfaulung von Klärschlamm bietet das TDH®-Verfahren eine Reihe von Vorteilen. Konventionell findet die Hydrolyse parallel im Faulturm statt. Dadurch werden nachfolgende Schritte der Versäuerung und der Methanisierung begrenzt. Schwer abbaubare Substanzen werden nur langsam oder unvollständig abgebaut. Durch den nur teilweisen Zellaufschluss kann es zu

unerwünschten Folgeerscheinungen, wie zum Beispiel schlechten Entwässerungseigenschaften kommen.

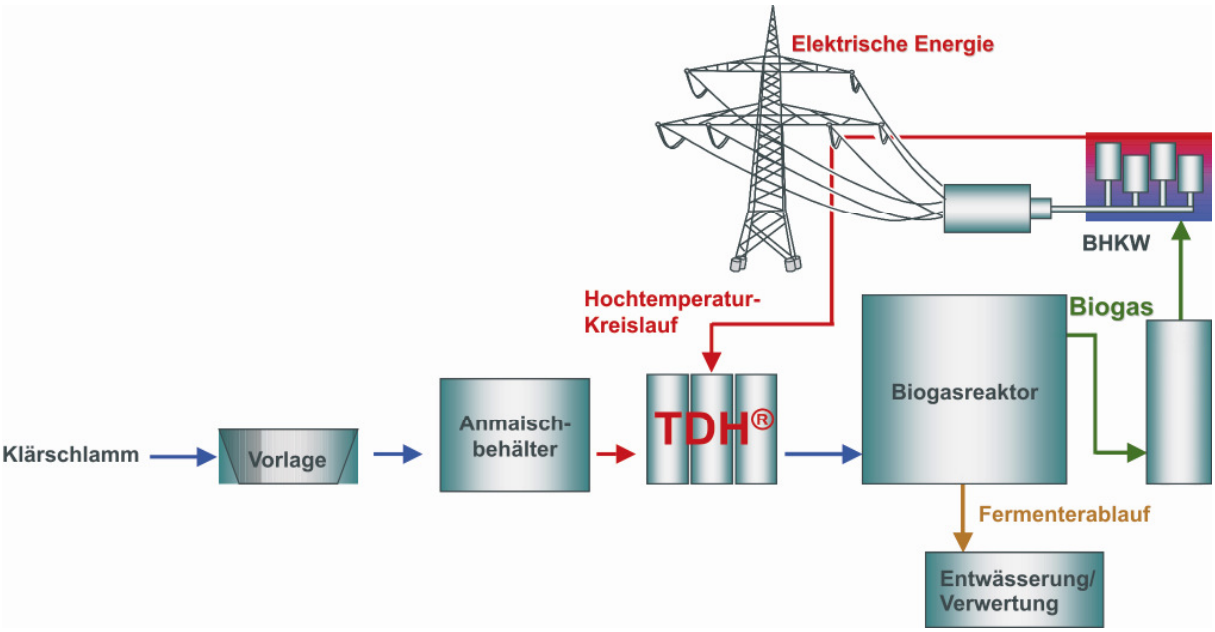



*Bild 4* *TDH® -Verfahren mit anschließender anaerober Vergärung am Beispiel von Klärschlamm*

Für die Vorbehandlung der Klärschlämme mit dem TDH®-Verfahren werden die Inputstoffe ohne weitere Zerkleinerung direkt der Hochdruckpumpe zugeführt. Anschließend erfolgt über das Wärmeaustauschersystem eine Erhöhung der Temperatur auf ca. 170 °C. Im Reaktor findet die Hydrolyse während eines Zeitraums von ca. 20 Minuten statt. Darüber hinaus werden die Zellwände vorhandener Bakterien aufgeschlossen und deren Zellinhalt für die Vergärung zusätzlich verfügbar gemacht.
Untersuchungen am ATZ-Entwicklungszentrum ergaben neben einem deutlich erhöhten Gasertrag und der verkürzten Ausfaulzeit eine erheblich verbesserte Entwässerungseigenschaften des Schlamms.

Bei Anwendung des TDH®-Verfahrens lassen sich damit bezüglich der anaeroben Vergärung von Klärschlamm folgende Hauptvorteile erzielen:

- Erhebliche Steigerung des technischen Ausfaulgrades auf 60% bis 70% bei entsprechender Steigerung des Gasertrags
- Verringerung des Restschlamms durch den erhöhten Ausfaulgrad und durch die verbesserte Entwässerungseigenschaften
- Hygienisierung des Klärschlammes

## 3.3 TDH®-Verfahren bei nachwachsenden Rohstoffen

Durch die Anwendung des TDH®-Verfahrens wird neben dem Effekt der beschleunigten Hydrolyse auf Grund der hohen Temperaturen auch eine Hygienisierung der Inputstoffe gewährleistet. Aus diesem Grund ist das TDH®-Verfahren besonders in den Fällen interessant, in denen laut Gesetz oder Genehmigungsauflage eine Hygienisierung ohnehin erforderlich wäre.
Im Jahr 2005 wurden von der R. Scheuchl GmbH verschiedene kommerziell betriebene TDH®-Anlagen zur Verwertung biologischer Reststoffe realisiert. Die Anlagen werden jeweils mit Inputstoffen wie z.B. Maissilage, Getreideschlempe und Gülle mit einem Jahresdurchsatz von jeweils ca. 35.000 t/a betrieben.

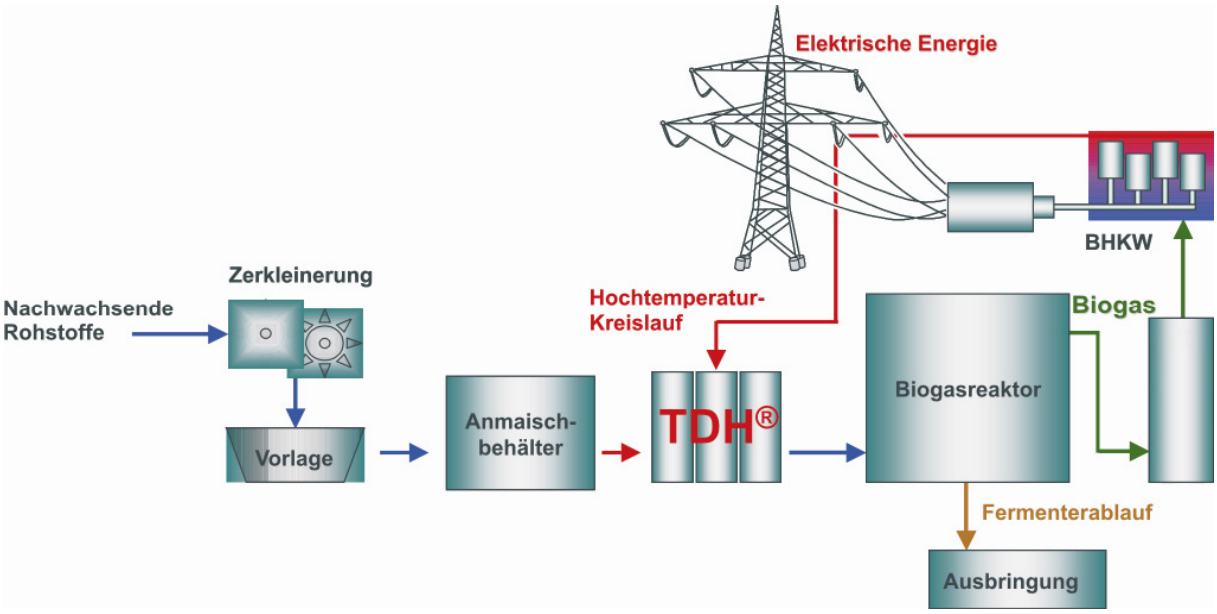



*Bild 5* *TDH® -Verfahren mit anschließender anaerober Vergärung am Beispiel von nachwachsenden Rohstoffen*

In dieser Anwendung wird zunächst der Inputstoff zerkleinert und auf einen TS-Gehalt von ca. 10% angemaischt. Die Suspension wird anschließend der TDH®-Anlage zugeführt. Mit der Hochdruckpumpe wird die Suspension auf einen Druck von ca. 20 bar komprimiert und auf eine Hydrolysetemperatur von ca. 190°C erhitzt. Im Reaktor erfolgt die Hydrolyse bei einer Verweilzeit von ca. 20 Minuten. Anschließend wird das Hydrolysat der anaeroben Vergärung einem volldurchmischten Fermenter zugeführt.

Durch den Einsatz der TDH®-Technologie konnte die Verweilzeit im Fermenter erheblich verkürzt und der Gasertrag um ca. 20% bis 30% gesteigert werden.

*Bild 6* *TDH®-Anlage zur Vorbehandlung biogener Reststoffe (Jahresdurchsatz ca. 35.000 t/a)*

## 4 Zusammenfassung

Es ist daher sinnvoll, den im natürlichen Verlauf sehr langsam stattfindenden Prozessschritt der Desintegration und der Hydrolyse durch Einbau eines technischen Hydrolyseschritts zu beschleunigen. Eine technische Hydrolyse kann durch chemische, biologische oder thermische Verfahren realisiert werden. Insbesondere mit dem TDH®-Verfahren ist es möglich, auch problematische Inputstoffe, wie zum Beispiel tierische Nebenprodukte effektiv aufzubereiten, zu hydrolysieren und gleichzeitig zu hygienisieren.
Bei allen betrachteten Inputstoffen (Klärschlämme, nachwachsende Rohstoffe, tierische Nebenprodukte) wird mit dem TDH®-Verfahren eine Steigerung des Biogasertrags bei gleichzeitig verkürzter Ausfaulzeit erreicht.

In der Zwischenzeit liegen fundierte Erfahrungen sowohl aus dem Versuchsbetrieb mit tierischen Nebenprodukten als auch aus dem mehrjährigen Produktionsbetrieb verschiedener Anlagen mit nachwachsenden Rohstoffen vor.

**Literatur**


[1] Böcker, K.: 3. Arbeitsbericht der ATV/DVWK Arbeitsgruppe AK-1.6 Klärschlammdesintegration, 24.3.2003

[2] Chishti, S.S., Hasnain, S.N., Khan, M.A.: Studies on the recovery of sludge protein; Water research, Vol. 26, S. 241 – 248

[3] Scheidet, B.: Bioverfahrenstechnische Aspekte zum Einsatz von technischen Enzymen am Beispiel der kommunalen Abwasserreinigung, Dissertation TU Hamburg-Harburg, Shaker Verlag, 2000

[4] Li, Y-Y., Noike, T.: Upgrading of anaerobic digestion of waste activated sludge by thermal pretreatment. Wat. Sci. Tech., Vol. 38, No. 8-9, S. 29-34

[5] Brooks, R.B.: Heat Treatment of activated sludge. Wat.Pollut. Control (1968): S. 592 – 601

[6] Prechtl, S.: Einfluss der Vorbehandlung auf die anaerobe Verwertung organischer Abfälle, Dissertation, VDI Verlag, Düsseldorf, 2001

# Referenten- und Autorenverzeichnis


**Dipl.-Ing. Harald Späth**

Regierungsbaumeister Schlegel
Guntherstr. 29
80539 München
Tel.: (089)17902 101
Fax: (089)17902 129
E-Mail: harald.spaeth@ib-schlegel.de

**Dr.-Ing. Jörg Strunkheide**

Institut Wasser und Boden e.V.
Ruhrallee 19
45525 Hattingen
Tel.: (02324) 594465
Fax: (0 23 24) 594646
E-Mail: dr.strunkheide@t-online.de

**Bernd Kalauch**

P.C.S. Pollution Control Service GmbH
Merkurring 46
22143 Hamburg
Tel.: (040) 63 91 705-14
Fax: (040) 6391705-29
E-Mail: b.kalauch@pcs-consult.de

**Dipl.-Biol. Karin Kulicke**

Süd-Chemie AG
Abwasserbehandlung und
Anlagentechnik/PES
Karlsbader Str. 1
91315 Höchstadt
Tel.: (09193) 687 5950
Fax: (09193) 507513
E-Mail: karin.kulicke@sud-chemie.com

**Dr.-Ing. Klemens Finsterwalder**

Finsterwalder Umwelttechnik
GmbH & Co. KG
Mailinger Weg 5
83233 Bernau
Tel.: (08051) 65390
Fax: (08051) 65396
E-Mail: kfi@fitec.com

**Steffen Wiegland**

AWITE Bioenergie GmbH
Angerstr. 9a
85 416 Langenbach
Tel.: (08761) 720060
Fax: (08761) 720059
E-Mail: office@awite.de

**Johann Buchmeier**

Stadt Straubing
Imhoffstr. 100
94315 Straubing
Tel.: (09421) 70203-16
Fax: (09421) 70203-17
E-Mail: hans.buchmeier@straubing.de

**Dipl.-Wirtschaft-Ing. (FH)**
**Oliver Berghamer**

Energie Agentur Berghamer & Penzkofer
Kastulusplatz 3
85368 Moosburg
Tel.: (08761) 7274-0
Fax: (08761) 7274-20
E-Mail: info@energieagentur-online.de

**Dr. rer.nat Michael Gierig**

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Referat 76, Stoff- und
Chemikalienbewertung
Demollstr. 31
82407 Wielenbach
Tel.: (0881) 185-118
Fax: (0881) 41318
E-Mail: michael.gierig@lfu.bayern.de

**Josef Oberhofer**

Ferstl Ing.-GmbH
Innere Münchener Str. 32
84036 Landshut
Tel.: (0871) 96679-12
Fax: (0871) 96679-20
E-Mail: oberhofer@ib-ferstl.de

**Jürgen Hübner**

Stadtwerke Crailsheim
Friedrich-Bergius-Str. 10-14
74563 Crailsheim
Tel.: (07951) 305-370
Fax: (07951) 305-359
E-Mail: juergen.huebner@stw-crailsheim.de

**Rudolf Stahl**

Scheuchl GmbH
Königsbacherstr. 17
94496 Ortenburg
Tel.: (08542) 165-0
Fax: (08542) 165-33
E-Mail: info@scheuchl.de