

11. Kläranlage Veitshöchheim

11.1. Grundlagen der Kläranlagentechnik

11.1.1. Grundbegriffe

Einwohnerwert (EW) ist die durchschnittliche Belastung des Abwassers eines Einwohners. Die an eine Kläranlage angeschlossenen Einwohnerwerte setzen sich zusammen aus dem Abwasser der Bevölkerung und der Gewerbebetriebe.

Größenklasse (GK) nach der Abwasserverordnung:²⁹

Größenklasse 1 < 1.000 EW	Stromverbrauch ca. 75 kWh/EWxa
Größenklasse 2 = 1.000 bis 5.000 EW	Stromverbrauch ca. 55 kWh/EWxa
Größenklasse 3 = 5.000 bis 10.000 EW	Stromverbrauch ca. 44 kWh/EWxa
Größenklasse 4 = 10.000 bis 100.000 EW	Stromverbrauch ca. 35 kWh/EWxa
Größenklasse 5 > 100.000 EW	Stromverbrauch ca. 32 kWh/EWxa

11.1.2. Gegenwärtige Situation

Vorrangige Aufgabe von kommunalen Kläranlagen ist die Eliminierung von Schadstoffen aus dem Abwasser gemäß den Mindestanforderungen der Abwasserverordnung, um eine Verunreinigung der Gewässer so weit wie möglich zu vermeiden. In Deutschland gibt es dafür insgesamt mehr als 10.000 kommunale Kläranlagen mit einem Anschluss von 127 Millionen Einwohnerwerten. Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5 haben hinsichtlich der Anzahl nur einen Anteil von 22 Prozent an allen Kläranlagen in Deutschland, sie behandeln aber über 90 Prozent der Einwohnerwerte und verursachen 87% des Stromverbrauchs. Die Schwankungsbreite des Energieverbrauchs liegt dabei je nach Größe zwischen 20 und 90 kWh/EW, wobei große Kläranlagen meist weniger Energie pro Einwohnerwert verbrauchen als kleinere Anlagen.²⁹ Kläranlagen gehören neben der Straßenbeleuchtung und dem Strombezug öffentlicher Gebäude zu den größten Stromverbrauchern einer Gemeinde. Der Anteil des Stromverbrauchs liegt in Deutschland bei ca. 20 % am gesamten kommunalen Stromverbrauch. Berücksichtigt man außerdem die meist vorhandene

²⁹ Fricke, Klaus: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen, Dessau: Umweltbundesamt, 2009



Eigenstromerzeugung einer Kläranlage liegt der Anteil sogar zwischen 30 und 50%.³⁰ Solch eine Stromerzeugung durch Faulgasverstromung wird bei ca. 80% der Einwohnerwerte durchgeführt.

11.1.3. Aufbau einer Kläranlage

Die Reinigung erfolgt in der Regel in folgenden drei Stufen (vgl.):

1. mechanische Vorklämung
2. biologische Abwasserreinigung
3. weitergehende Reinigung, meist chemische oder physikalische Reinigung

Anschließend erfolgt evtl. noch die Schlammbehandlung im Faulturm.

Die mechanische Vorklämung

Hier werden die Grobstoffe, z.B. Plastikteile, Sand,... entfernt. Bei der mechanischen Klärung wird ca. ein Drittel des Schmutzes entfernt. Die erste Stufe ist der **Rechen**. An diesem „Gitter“ bleiben gröbere Verschmutzungen z.B. Ohrstäbchen oder Nägel hängen und werden anschließend entfernt. Die nächste Station ist das **Sandabsetzbecken (Sandfang)**. Durch dieses Becken fließt das Abwasser innerhalb von ca. fünf bis zehn Minuten, also relativ langsam. Im Wasser enthaltener Sand setzt sich auf dem Boden ab und wird dort abgesaugt. Danach folgt der **Ölabscheider**. Hier wird oben schwimmendes Öl, Fett oder Benzin vom Abwasser getrennt. Das darauffolgende **Vorklärbecken** ist ein Sedimentationsbecken, das eine möglichst große Oberfläche hat. Dadurch wird die Fließgeschwindigkeit des Wassers sehr gering. Der Schlamm setzt sich am Boden ab und wird mit Hilfe einer Pumpe in den Faulturm befördert.

Die biologische Reinigung

Nachdem die Feststoffe entfernt wurden, befinden sich im Wasser noch gelöste Verunreinigungen, die biologisch durch Mikroorganismen entfernt werden. Bei der biologischen Reinigung laufen ähnliche Vorgänge wie bei der Selbstreinigung der Gewässer ab, nur auf kleinerem Raum, konzentrierter und schneller. In den meisten kommunalen Kläranlagen werden Belebtschlammanlagen verwendet, wobei CO₂ und Klärschlamm entstehen. Weitere wenig verwendete Verfahren sind Tropfkörper, Tauchkörper, Membranverfahren und Pflanzenkläranlagen.

³⁰ Mitsdoerffer, Ralf; Christ, Oliver: Energiepotenziale auf Kläranlagen erkennen und nachhaltig einsetzen, S. 2



Belebtschlammanlagen (aerob):

Das Abwasser wird in ein Becken mit einer großen Anzahl von Mikroorganismen geleitet, die man als braunen Schlamm identifizieren kann. Der Sauerstoff, den sie zum Aufbau ihrer Zellsubstanz benötigen, wird dem Abwasser durch eine Belüftungseinrichtung zugesetzt. Der Kohlenstoff aus den organischen Verbindungen im Wasser wird zu gasförmigem Kohlendioxid abgebaut. Die Aufenthaltsdauer des Wassers in diesem Teil der Anlage beträgt ungefähr zwölf Stunden. Im anschließenden **Nachklärbecken** werden die Bakterien als sogenannte Belebtschlammflocken vom gereinigten Abwasser getrennt. Nachklärbecken arbeiten physikalisch wie die Vorklärbecken, d.h. durch Verlangsamung der Geschwindigkeit setzt sich der Belebtschlamm ab. Dieser wird von dort wieder ins Belebungsbecken zurückgefördert (Rücklaufschlamm), um zum Einen den Reinigungsprozess der Kläranlage stabil zu halten und zum Anderen, damit sich im Nachklärbecken kein Schlamm an der Wasseroberfläche ansammelt und in den Ablauf der Kläranlage gelangt. Wenn die für die Reinigungswirkung der Kläranlage eine ausreichende Menge an belebten Schlamm vorhanden ist, muss der Zuwachs an Schlamm als Überschussschlamm entfernt werden.

Anaerobe Abwasserreinigung:

Die Alternative zum Belebtschlammbecken ist der anaerobe Abbau (= ohne Sauerstoff). Das Abwasser wird in einen geschlossenen Behälter geleitet, in dem sich anaerobe Mikroorganismen befinden. Diese bauen die im Abwasser enthaltenen Stoffe ab und produzieren dabei Faulgas. Dieses System ist v. a. für Betriebe mit hoher Schmutzfracht (Lebensmittelindustrie) oder neuartige Sanitärsysteme mit Trenntoiletten geeignet, da eine hohe Konzentration an organischen Stoffen im Abwasser vorhanden sein muss. Der Vorteil liegt darin, dass fast ausschließlich Faulgas entsteht, kaum Klärschlamm oder CO₂. Es ist keine Belüftung erforderlich, allerdings muss der Behälter auf ca. 37 °C beheizt werden.

Die weitergehende Reinigung

Abwässer enthalten oft auch chemische Stoffe, die bei der vorherigen Reinigung (mechanische und biologische Klärung) nur teilweise oder gar nicht abgebaut werden können. Ein chemisches Verfahren heißt **Kontaktbecken**. Durch Kontaktmittel (Fällmittel) werden dabei z.B. Phosphor und Stickstoff behandelt und sind dann im Wasser ungelöst als „Flocken“ vorhanden. Bei einem physikalischen Verfahren handelt es sich im Prinzip um ein Sieb (**Filtration**). Hier werden sehr feine Feststoffe und die „Flocken“ aus dem Kontaktbeckenbecken aus dem Wasser entfernt. Das Verfahren



ist eine Ergänzung zu einem Nachklärbecken, das in manchen Anlagen die Abwasserqualität verbessert. Am Ende dieser Reinigungsstufen wird das gereinigte Wasser in Seen oder Flüsse geleitet.

Schlammbehandlung im Faulturm

Der Klärschlamm, der bei der mechanischen und biologischen Klärung anfällt, wird in

den Faulturm befördert. Hier wird der Schlamm von **anaeroben** Bakterien abgebaut (wie bei der anaeroben Abwasserreinigung). Das bei diesem Vorgang entstandene Faulgas kann zum Heizen oder in einem **BHKW** zur Stromerzeugung genutzt werden. Der gefaulte Schlamm wird im nächsten Schritt entwässert, gegebenenfalls getrocknet und schließlich verbrannt oder als Dünger auf Feldern eingesetzt, wenn er frei von Giftstoffen ist.



Abbildung 11.1.1: Aufbau einer Kläranlage (Quelle: Wasserwirtschaftsamt Kempten: www.wwa-ke.bayern.de)



11.2. Zustand der Kläranlage in Veitshöchheim

11.2.1. Aufbau³¹

Die im Jahr 2000 fertig gestellte Kläranlage in Veitshöchheim wird betrieben vom Zweckverband Abwasserbeseitigung „Maintal-Würzburg“ und hat eine Ausbaugröße von 26.000 Einwohnerwerten. Da dabei jedoch ein Zuwachs berücksichtigt wurde, betragen die angeschlossenen Einwohnerwerte momentan nur 15.500 (Größenklasse 4). Zu den angeschlossenen Gemeinden gehört neben Veitshöchheim auch Margetshöchheim. Die jährliche Abwassermenge, die in der Kläranlage gereinigt wird, beträgt ca. 1,9 Millionen m³, das entspricht 123 m³/EW pro Jahr oder 336 l/EW pro Tag. Durchschnittlich 40% des Abwassers ist Fremdwasser, d.h. Grundwasser, das durch Undichtigkeiten kontinuierlich in die Kanalisation dringt.

Die Reinigung des Abwassers erfolgt in der Kläranlage Veitshöchheim wie unter 11.1.3 beschrieben durch eine mechanische Vorklärung und die biologische Reinigung mit einer Belebtschlammanlage. Im Winter findet außerdem eine chemische Reinigung von Phosphat statt, ab 18 °C baut sich dieses dann von alleine ab. Der anfallende Schlamm wird im Faulurm unter Luftabschluss bei 37 °C ausgefault. Das entstandene Faulgas wird hauptsächlich zum Heizen verwendet, nur ein kleiner Teil dient der Stromerzeugung in einem BHKW. Der ausgefaulte Schlamm wird dann über eine Siebbandpresse entwässert, nach Sachsen-Anhalt transportiert und dort zur Rekultivierung im Landschaftsbau verwendet. Insgesamt entstehen im Jahr ca. 1150 t Klärschlamm mit einer Trockensubstanz von 20%, dessen Entsorgung 67.000 Euro (58,30 €/t) kostet (vgl. Abb.5). Zur Vermeidung von Geruchsbelästigung der benachbarten Wohngebiete durch die Abluft des Maschinenhauses gibt es einen Biofilter, der aus Rindenmulch, Heidekraut und anderen pflanzlichen Stoffen besteht.

Das gereinigte Abwasser hat eine Temperatur von 13 °C und wird nach der Analysestation in den Main geleitet.

³¹ Alle Angaben zur Kläranlage Veitshöchheim stammen von Hr. Bamberger (Klärwerksleiter) und Hr. Wolf (Abteilung Tiefbau)





Abbildung 11.2.1:Luftbild Kläranlage Veitshöchheim (Quelle: Abwasserzweckverband „Maintal-Würzburg“: Broschüre Abwasser-Reinigungs-Anlage)

Abbildung 11.2.2: Gasbehälter der Kläranlage (Quelle: Architekturbüro Haase)

11.2.2. Energieverbrauch ³¹

Der Stromverbrauch liegt mit 51 kWh/EW deutlich über dem Durchschnitt von Kläranlagen dieser Größenklasse von 35 kWh/EW. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Kläranlage mit 15.500 Einwohnerwerten bei weitem nicht ausgelastet ist und Maschinen wie z.B. Pumpen und Gebläse überdimensioniert sind. Der Stromverbrauch der Kläranlage Veitshöchheim beträgt insgesamt rund 795.000 kWh pro Jahr und verursacht Kosten von ca. 94.000 Euro (vgl. Abbildung 11.2.3). Durch eine Verstromung des Klärgases im vorhandenen BHKW werden davon zur Deckung von Bedarfsspitzen und als Notstromaggregat ca. 28.000 kWh im Jahr erzeugt (vgl.). Die Abwärme des BHKW wird momentan nicht genutzt. Der Großteil des Faulgases wird zum Beheizen des Faulturms und der Betriebsgebäude verwendet. Insgesamt werden 97.000 m³ Faulgas im Jahr erzeugt, wovon 83.000 m³ zum Heizen genutzt werden. So können 87% des Gasverbrauchs durch eigene Erzeugung gedeckt werden. Zusätzlich gibt es einen Erdgasanschluss zum Abdecken von Energiedefiziten. Darüber werden im Jahr ca. 8500 m³ Gas bezogen, was Kosten von 8.000€ verursacht (vgl. Abbildung 11.2.3).



Derzeit wird die Kläranlage in Veitshöchheim im Rahmen des Sonderprogramms „Energieanalysen von kommunalen Kläranlagen“ als Teil des Klimaprogramms Bayern 2020 auf Potentiale zur energetischen Optimierung untersucht. Die Höhe der Zuwendung beträgt dafür bis zu 10.000 Euro als Festbetrag, jedoch maximal 70% der Gesamtkosten.

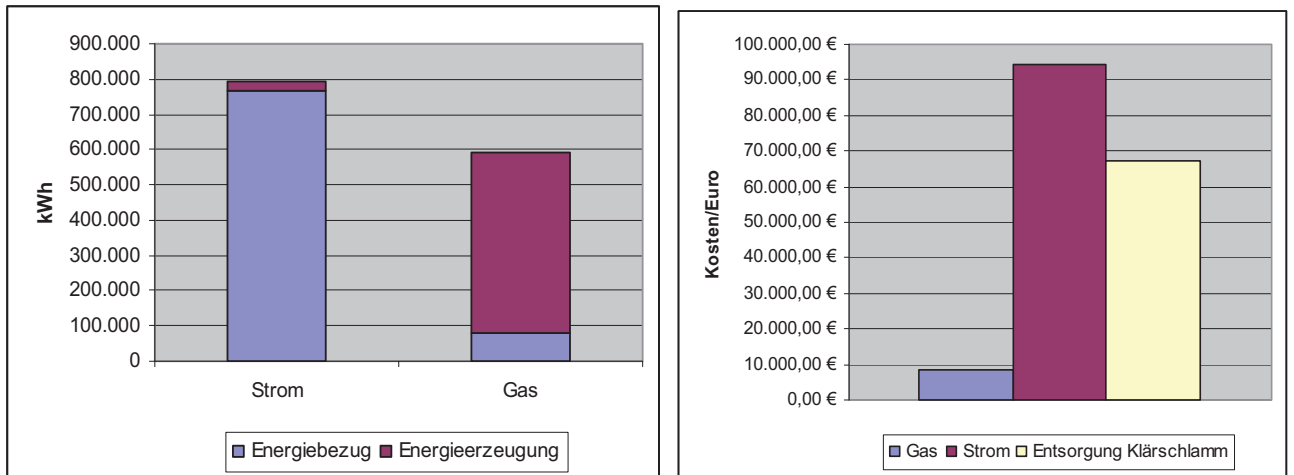


Abbildung 11.2.3: momentane Energieerzeugung und Energiebezug sowie Betriebskosten der Kläranlage Veitshöchheim (Architekturbüro Haase)



11.3. Energiepotential

Würde man das komplette Faulgas in der Kläranlage Veitshöchheim im BHKW verstromen, könnte man bei einem elektrischen Wirkungsgrad des BHKW von 30% ungefähr **180.000 kWh Strom** im Jahr erzeugen (CO₂-Einsparung:). Die dabei entstehende Abwärme würde 360.000 kWh betragen (CO₂-Einsparung:).

Eine weitere Möglichkeit Strom zu erzeugen ist die Nutzung der nach Süden gerichteten Dachflächen des Betriebsgebäudes und des Maschinenhauses für Photovoltaik-Module. Hier könnte man auf einer Fläche von ca. 265 m² ungefähr **30.000 kWh Strom** im Jahr erzeugen, was ca. 4% des Gesamtstromverbrauchs der Kläranlage entspricht (CO₂-Einsparung:).

Die Temperatur des Abwassers nach der Kläranlage beträgt relativ konstant 13 °C. Der freiwerdende Energieinhalt des gesamten Abwasserablaufs aus der Kläranlage von 1,9 Millionen m³ beträgt bei einer Abkühlung der Temperatur auf 10 °C ungefähr **6,6 Millionen kWh**. Theoretisches Potential!!

→ Nutzung mit Wärmepumpe

Ein besonders großes Potential liegt in der Nutzung des Klärschlamm. Zurzeit kommen neue Verfahren auf den Markt, mit denen aus feuchter Biomasse regenerative Biokohle hergestellt werden kann, deren Eigenschaften mit fossiler Kohle vergleichbar sind. Bei dieser Methode, die „Hydrothermale Karbonisierung“ (HTC) genannt wird, stellt man den natürlichen Kohleentstehungsprozess nach, indem man die Biomasse einige Stunden unter Luftabschluss in einen Behälter mit einer Temperatur um 200°C und einem Druck zwischen 20 und 35 bar gibt. Durch die bei der chemischen Reaktion als Wärme freigesetzte Energie kann der Prozess selbsterhaltend ausgelegt werden, d.h. die Erwärmung der zu karbonisierenden Biomasse kann durch die Abwärme des Prozesses erfolgen. Das Reaktionsprodukt ist ein Kohleschlamm, der nach seiner Trocknung entsprechend der weiteren Verwendung sowohl blasfähig oder in Form von Pellets zur Verfügung gestellt werden kann. Da bei Verbrennung der Biokohle nur so viel CO₂ freigesetzt wird, wie zuvor in der Biomasse gebunden wurde, handelt es sich um einen CO₂-neutralen Energieträger. Als nutzbare Biomasse kommt neben aktivem oder ausgefaultem Klärschlamm auch haushaltsüblicher Bioabfall oder Heckenschnitt in Frage.

Könnte man den ausgefaulten, entwässerten Klärschlamm der Kläranlage Veitshöchheim mit einer Menge von 1150 t pro Jahr in solch einer HTC-Anlage verkohlen, würden ca. 195 t Biokohle mit einem Energieinhalt von insgesamt rund 650.000 kWh entstehen. Zusammen mit dem jährlich in Veitshöchheim anfallenden Bioabfall von 1100 t und dem Heckenschnitt der Gemeinde von 140 t, könnte man sogar fast 400 t Biokohle mit einem Energieinhalt von 1,9 Millionen kWh erzeugen. Die



Biokohle kann dann in einem BHKW verstromt werden, wodurch ca. **580.000 kWh** Strom entstehen würden (CO₂-Einsparung:). Die dabei entstehende Abwärme beträgt **1,16 Millionen kWh** (CO₂-Einsparung:).

- Nutzung Abwärme der Gebläse (40° bis 50°C)
- Bessere Auslastung (Anschluss von Gemeinden??)

11.4. Maßnahmen

Ziel: „die energieautarke Kläranlage“

- komplette Verstromung Faulgas, Nutzung Abwärme, Einspeisung ins Netz??: 7,11 Cent/kWh für 20 Jahre, Degression 1,5%, +evtl. 2 Cent für Technologiebonus
- Photovoltaik auf den Dächern
- Nutzung Abwärme Gebläse
- Wärmepumpe für Entwärmung Wasser nach Kläranlage
- Überprüfung Stromverbrauch Pumpen und Gebläse der biologischen Reinigungsstufe (Belebungsbecken) → macht 2/3 des Stromverbrauchs aus
- HTC mit ausgefaultem Klärschlamm, Bioabfall und Heckenschnitt, evtl. noch weitere Bioabfälle aus Landwirtschaft/Gewächshäusern, Nutzung im BHKW, Einspeisung ins Netz?? (Klärschlamm ist laut Biomasseverordnung 2005 keine Biomasse!)

→ Entsorgung des Klärschlammes fällt weg (Transportaufwand, Kosten), langfristige Entsorgung ist gesichert

Der komplette Strombedarf der Kläranlage könnte durch das mit Faulgas betriebene BHKW, ein mit Biokohle aus HTC betriebenes BHKW und Photovoltaik auf den Dächern gedeckt werden (vgl. Abb.6). Bei der Wärmeerzeugung würde sogar ein Überschuss entstehen. Über ein Nahwärmenetz könnte das benachbarte Wohngebiet „Birkental“ und die Landesanstalt für Wein- und Gartenbau mit Wärme versorgt werden.



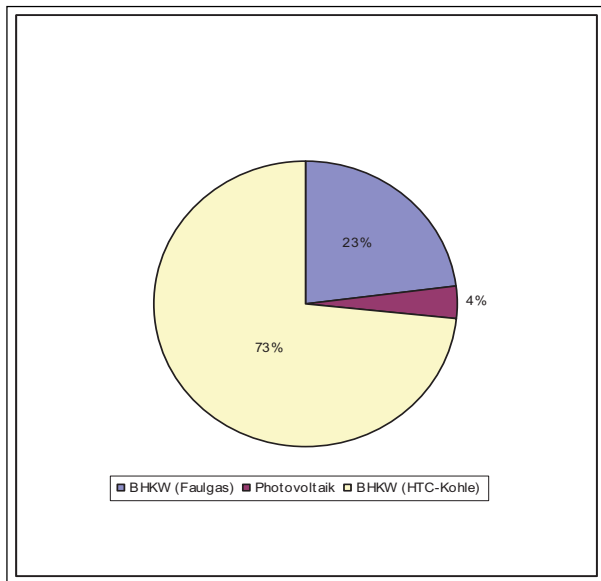


Abbildung 11.4.1:mögliche zukünftige Stromversorgung der Kläranlage (Architekturbüro Haase)

11.5. Finanzierungsmöglichkeiten

Im Rahmen des Sonderprogramms „Energieanalysen von kommunalen Kläranlagen“ als Teil des Klimaprogramms Bayern 2020 wird eine Untersuchung von Kläranlagen mit mehr als 10.000 Einwohnerwerten auf Potentiale zur energetischen Optimierung gefördert. Die Höhe der Zuwendung beträgt dafür 10.000 Euro als Festbetrag, jedoch maximal 70% der Gesamtkosten. Dieses Programm wird für die Kläranlage Veitshöchheim bereits in Anspruch genommen.

Förderungen zur Nutzung von Wärmepumpen in Verbindung mit Wasserentwärmung sind im Kapitel Wasser/Abwasser in der Übersichtstabelle Fördermöglichkeiten dargestellt.

Eine Fördermöglichkeit für HTC bietet die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow/Bützow, die für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz das Programm „Nachwachsende Rohstoffe“ betreut. Es umfasst Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte zur stofflichen und energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen mit dem Ziel eine nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung zu fördern, Ressourcen zu schützen und CO₂-Emissionen zu verringern. Art und Höhe der Förderung sind unterschiedlich und müssen direkt bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe erfragt werden.

Die Errichtung von BHKWs, die mit Biomasse betrieben werden, und Wärmenetzen, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden, können von der Kreditanstalt für Wiederaufbau gefördert werden. In Form eines Kredits werden bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten, maximal jedoch 10 Millionen Euro pro Vorhaben gefördert. Außerdem erhält man einen Tilgungszuschuss, der z.B. bei einem BHKW 40 Euro je kW installierter Nennwärmeleistung beträgt.



11.6. „Vision für die Zukunft“

Die Kläranlage als Energielieferant.

Schon heute ist es möglich Kläranlagen vom Energieverbrauch zum Energieproduzenten werden zu lassen. Der technische Aufwand ist derzeit noch sehr groß und daher ist eine Wirtschaftlichkeit oft nicht gegeben. Die technische Entwicklung in Zukunft wird jedoch den Umbau von Kläranlagen zu Energieerzeugern wirtschaftlicher machen, so dass dies ein zukünftiger Standard werden wird

Literaturverzeichnis:

15. Fricke, Klaus: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen, Dessau: Umweltbundesamt, 2009
16. Haberkern Bernd; Maier, Werner; Schneider, Ursula: Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen, Dessau: Umweltbundesamt, 2008
17. Abwasserzweckverband „Maintal-Würzburg“: Broschüre Abwasser-Reinigungs-Anlage Veitshöchheim Margetshöchheim
18. Mitsdoerffer, Ralf; Christ, Oliver: Energiepotenziale auf Kläranlagen erkennen und nachhaltig einsetzen, Download unter www.gfm.com

