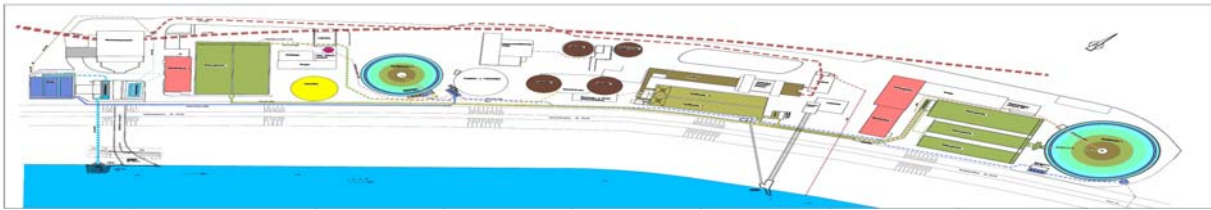


## Kläranlage Freising



Die Reinigung des Abwassers ist eine notwendige und energieintensive Maßnahme. Nachfolgend wird unter Energieaspekten der Ablauf anhand der Kläranlage der Stadt Freising beschrieben.

Das Abwasser im Stadtgebiet Freising gelangt über ein 170 km langes Kanalsystem zur Kläranlage. Da Wasser nur bergab fließt, muss es an 56 Stellen durch Pumpwerke wieder angehoben werden. In der Kläranlage wird das Abwasser in verschiedenen Stufen gereinigt und muss dazu mehrfach hoch gepumpt werden, damit es durch die Kläranlage fließen kann. Weiterhin muss das Abwasser im so genannten Belebungsbecken wie in einer Art Whirlpool belüftet werden. Dies sorgt für einen weiteren Stromverbrauch. Im Sommer wird das gereinigte Abwasser mit UV-Strahlen entkeimt, damit man in der Isar baden kann.

In der Kläranlage wird in den Faulbehältern aus dem Klärschlamm Klärgas erzeugt. Das Klärgas hat einen Energiegehalt von ca. 1,4 kWh/m<sup>3</sup>. Es wird in Blockheizkraftwerken zur Erzeugung von Strom und Wärme verwendet. Die Wärme reicht aus, um die Faulbehälter und die Betriebsgebäude zu beheizen. Es muss im Normalbetrieb kein Erdgas zugekauft werden. Der erzeugte Strom beträgt ungefähr 25 % des gesamten Stromverbrauchs. Die Kläranlage in Freising wurde in den letzten Jahren energieoptimiert. Dadurch konnte der Stromverbrauch von 5,8 Mio. kWh auf 4 Mio. kWh gesenkt werden. Die jeweiligen Maßnahmen werden nachfolgend skizziert.

Die Kläranlage in Freising wurde 1958 gebaut und musste aufgrund des Bevölkerungszuwachses mehrfach erweitert werden. Die Optimierung musste an die nun sehr engen räumlichen Gegebenheiten angepasst werden. Deshalb kann man die Verbrauchswerte trotz Optimierung nicht mit einer modernen, am Reißbrett durchgeplanten Anlage vergleichen.

---

### Daten:

- Stand 21.11.11
- Kanalnetz 170 km
- angeschlossen ca. 50.000 Bürger
- 4,5 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser pro Jahr
- Stromverbrauch incl. der Pumpen im Kanalnetz
  - vor der Optimierung ca. 5,8 Mio. kWh
  - nach der Optimierung ca. 4 Mio. kWh
- Stromverbrauch je Person ca. 80 kWh pro Jahr
- Stromerzeugung:
  - 1 BHKW mit 180 kW

1 BHKW mit 250 kW

ca. 950.000 kWh werden in den beiden BHKW's jährlich erzeugt

- Ansprechpartner Herr Hötzel und Herr Scholz
- 0 81 61/62 31 6 Stadtentwässerung Freising, Abt. Kläranlage

---

### Allgemeine Beschreibung des Ablaufs in einer Kläranlage

Um zu verstehen, was in einer Kläranlage passiert, kann man sich zuerst einmal ein „Modell-Abwasser“ basteln. Das Modell besteht aus sauberem Wasser, ein paar Holzstückchen, einer Handvoll Sand, einer Handvoll Erde und einer Prise Zucker. Diese Zutaten muss man, ähnlich wie im Abwasser, nun wieder aus der Mischung entfernen.

Zuerst lässt man das Modell-Abwasser durch ein Sieb laufen. Dort bleiben die Holzstückchen hängen. Dann lässt man das Modell-Abwasser etwas stehen. Der Sand wird sich ziemlich schnell unten sammeln. Anschließend schüttet man das Ganze (ohne den Sand) in ein anderes Gefäß. Hier setzt sich nun die Erde ab, was etwas länger dauert als beim Sand. Nun hat man eine schon ziemlich klare Flüssigkeit, die allerdings noch den Zucker enthält. Diesen lässt man von Bakterien auffressen. Zum Schluss wird das Ganze noch durch einen Sandfilter geleitet und man hat sauberes Wasser.

---

### Schneckenhebewerk und Rechenhaus



Am Beginn des Reinigungsprozesses werden grobe Teile mittels eines Rechen entfernt. Nach dem Rechen wird das Abwasser mittels Schneckenhebewerke hochgepumpt.

## Sandfang



Im Sandfang kann sich der Sand absetzen. In der Kläranlage in Freising ist der Sandfang abgedeckt, damit die Anwohner durch den Geruch nicht belästigt werden.

---

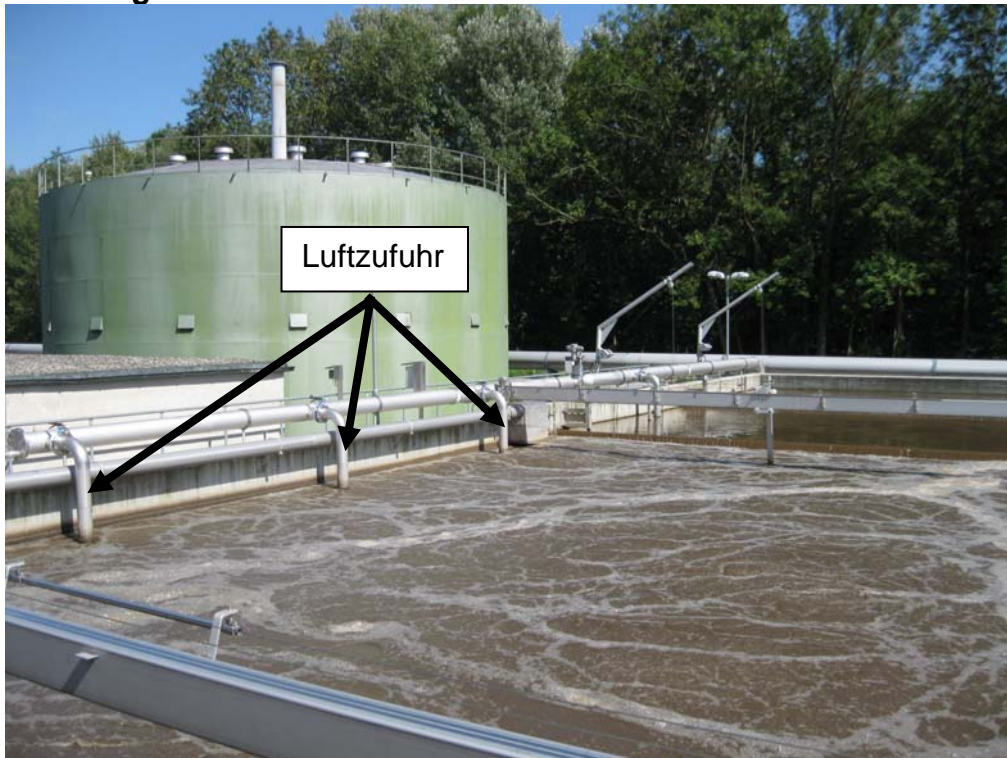
## Vorklärbecken



In den beiden Vorklärbecken ist eine sehr geringe Fließgeschwindigkeit vorhanden. Die organischen Stoffe setzen sich somit in diesem Becken ab. Mit einem Paternosterräumer wird der abgesetzte Schlamm am Beckenboden in einen Trichter befördert. Von dort aus wird der Schlamm (Primärschlamm) in den Faulraum gepumpt. Die Vorklärbecken sind ebenfalls abgedeckt.

---

## Belebungsbecken



Im Belebungsbecken fressen Mikroorganismen die organischen Substanzen auf. Sie brauchen dazu viel Luft. Die Luft wird über „Gebläse“ angesaugt, strömt in Rohren zum Boden des Beckens und perlt in die belüfteten Zonen des Belebungsbeckens.

## Belebungsbecken Belüftungstest



Die Luft perlt aus so genannten Belüfterkerzen, die sich am Boden des Belebungsbeckens befinden, in das Abwasser. Auf dem obigen Bild ist das Becken fast leer und man kann sehen, wie die Luft in das Wasser perlt.

## Drehkolbengebläse für das Belebungsbecken



Im Maschinenhaus stehen 4 Drehkolbengebläse. Die erzeugte Luft wird in die Belebungsbecken eingeblasen. Kleinere Gebläse der selbigen Bauart werden zur Belüftung des belüfteten Sandfangs eingesetzt.

In den oben gezeigten Gebläsen wird die Luft für das Belebungsbecken verdichtet. Die verdichtete Luft hat über 100 °C und man nutzt diese Energie zum Erwärmen von Wasser. Der Sauerstoffgehalt im Abwasser des Beckens wird ständig gemessen. Eine Regelung sorgt dafür, dass stets nur soviel verdichtete Luft erzeugt wird, wie gerade benötigt wird. Dadurch wird der Strombedarf minimiert.

---

## Nachklärbecken

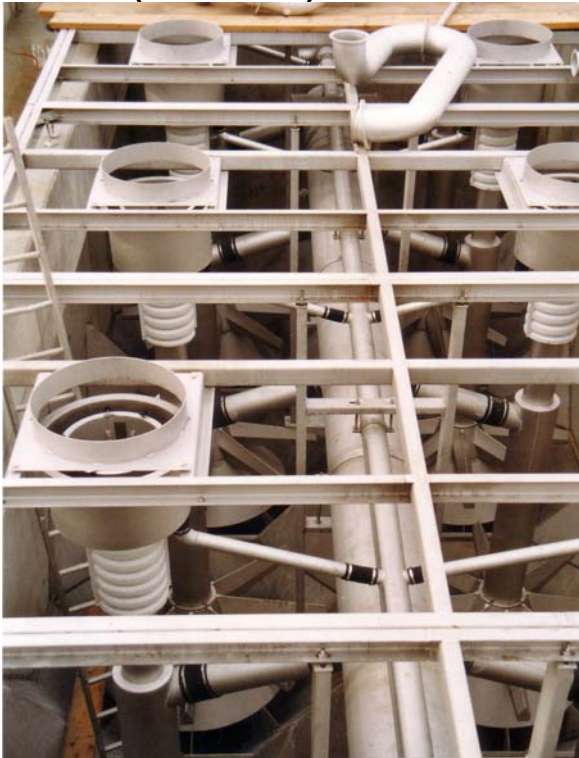


Nach dem Durchlaufen des Belebungsbeckens enthält das Abwasser noch die ganzen Bakterien und Mikroorganismen, die sich im Becken kräftig vermehrt haben und das Abwasser ganz braun färben. Deshalb kommt nach dem Belebungsbecken das Nachklärbecken. Hier setzt sich der Belebtschlamm ab.

Das abfließende gereinigte Abwasser dürfte von hier aus bereits in die Isar eingeleitet werden. Auf der Kläranlage Freising wird dieses Wasser noch weiterbehandelt und dem Biofilter (Sandfilter) zugeführt, um die restlichen Schwebstoffe zu entfernen.

---

### **Biofilter (ohne Sand)**



Nach dem Nachklärbecken wird das gereinigte Abwasser noch durch eine Sandschicht (Biofilter) geleitet. Im Sand werden die letzten Schwebstoffe zurückgehalten. Nach einer gewissen Zeit beieinträchtigen die Schwebstoffe die Durchströmung des Sandfilters. Dieser wird von unten mit Druckluft angeblasen und somit gespült. Die ausgespülten Schwebstoffe werden dem Kläranlagenzulauf wieder zur Reinigung zugeführt.

---

## Belüftungsanlage für die Sandschicht im Biofilter



In diesen gelben Kästen (Kompressoren) wird die Druckluft erzeugt, um den Biofilter zu reinigen. Eine Reinigung erfolgt ca. alle 20 bis 40 Minuten.

---

## UV-Anlage



Den Sandfilter verlässt optisch sauberes Wasser. Das gereinigte Abwasser läuft in die Isar. Es ist zwar vollkommen optisch sauber, enthält aber noch immer Bakterien.

Damit man in der Isar bedenkenlos baden kann, durchläuft das Abwasser im Sommer zur Entkeimung eine UV-Anlage. Der Strombedarf hierfür liegt je nach Verkeimung bei 15 bis 50 kW.

---

### **Fischteich**



Ein Teil des gereinigten Abwassers läuft über den Fischteich. In den Fischteich werden im April 10 Karpfen eingesetzt. Diese Fische dürfen nicht gefüttert werden. Nach 7 Monaten (im Bereich November) werden diese Karpfen geschlachtet. Die Filets dieser Karpfen werden dann in 2 unabhängige staatlich anerkannte Labors zur Untersuchung eingeschickt. Mit dieser Untersuchung kann man feststellen, ob das Abwasser mit Schwermetallen behaftet war.

---

## Faulturm



In der Kläranlage wird nicht nur Energie verbraucht, sondern auch Energie erzeugt. Die Energie steckt im Schlamm aus dem Vorklärbecken und dem Belebungsbecken. Im Faulturm wird der Schlamm von Bakterien z.T. in Methan umgewandelt. Die „Turmbakterien“ arbeiten im Gegensatz zu ihren Kollegen im Belebungsbecken unter Luftabschluss und bei Körpertemperatur. Eine Heizung und eine gute Isolierung der Faultürme sorgen für eine konstante Temperatur.

---

## Blockheizkraftwerke



Mit dem Gas aus dem Faulurm wird ein Motor angetrieben. Der Motor erzeugt über einen Generator Strom. Zusätzlich wird die Wärme, die sich im Kühlkreislauf des Motors befindetet, sowie die Wärme der Auspuffgase, genutzt. Mit der Wärme werden die drei Faulbehälter geheizt. Die Motoren werden als Blockheizkraftwerke (BHKW) bezeichnet. Freising verfügt über zwei BHKWs mit 180 kW und 250 kW Leistung. Eines davon läuft fast ständig. Insgesamt werden mit den BHKWs annähernd 1 Mio. kWh Strom pro Jahr erzeugt. Dies sind zwar nur ca. 25 % des Stromverbrauchs der Kläranlage. Aber diesen Strom muss man woanders nicht mehr erzeugen.

Nur die großen Kläranlagen verfügen übrigens über Faultürme und damit die Möglichkeit, aus Klärgas Strom und Wärme selbst zu erzeugen.

## Gasspeicher



Die BHKWs sind im Prinzip energie- und wärmegeführt. Das heißt, sie laufen dann, wenn Energie und Wärme benötigt wird. Vorübergehend überschüssiges Gas wird in einen Gasspeicher geleitet. Von dort gelangt es bei Bedarf wieder zu den BHKWs.

---

## Entwässerung Faulschlamm



In den Faultürmen befindet sich der Schlamm ca. 25-30 Tag zur Ausfäulung, und besitzt einen TS von ca. 3%. Zur Entwässerung des Faulschlammes besitzt die Kläranlage Freising zwei Zentrifugen (Dekanter) zur Faulschlammmentwässerung, mit

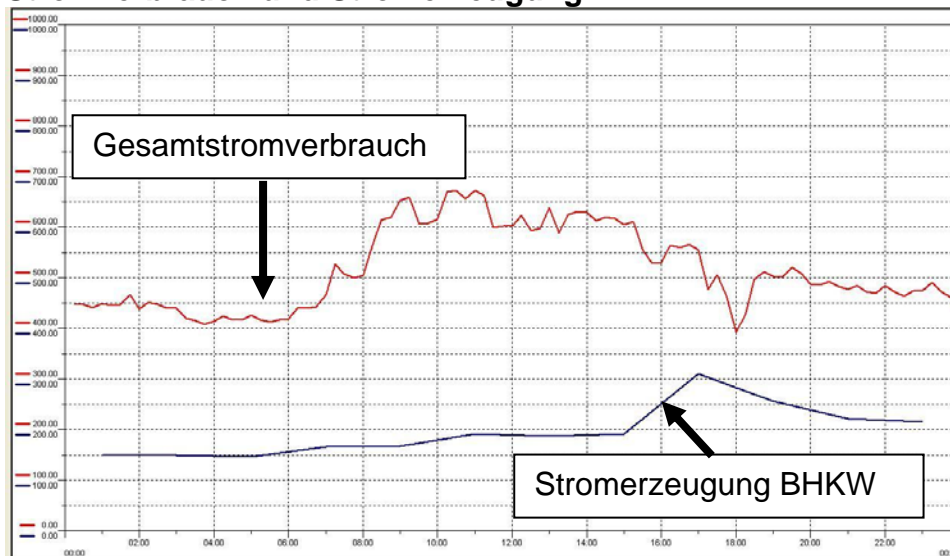
denen man eine Trockensubstanz von ca. 23-25% erreicht. Der entwässerte Faulschlamm (Klärschlamm) wird über eine Förderanlage in Container befördert. Dieser entwässerte Faulschlamm wird in dem Kohlekraftwerk Anglberg verbrannt. Der jährliche Klärschlammanfall beträgt ca. 4.500 Tonnen.

## Notstromaggregate



Bei einem Stromausfall kann sich die Kläranlage über zwei Notstromaggregate, die mit Diesel betrieben werden, selbst mit Strom versorgen. Jedes der beiden Aggregate hat eine Leistung von 965 kW. Eine kleine Heizung sorgt dafür, dass sie stets einsatzbereit sind.

## Stromverbrauch und Stromerzeugung



Die obigen Kurven zeigen den Verlauf des Stromverbrauchs der gesamten Kläranlage und die Stromerzeugung in den BHKWs an einem Tag. Die Differenz der beiden Kurven muss zugekauft werden. Um 6:00 Uhr morgens beginnt der Verbrauch langsam anzusteigen. Die Spitze des Stromverbrauchs liegt bei Trockenwetter ca. bei 650 kW. In der Nacht fällt der Stromverbrauch bei gleichen Wettereinflüssen auf ca. 350 kW ab.

Der Stromanstieg um ca. 15:00 Uhr zeigt, dass die Gasproduktion stark steigt, und somit mehr Methangas verbrannt werden muss. Man würde sonst den Gasspeicher überfüllen, und das Biogas müsste ohne Nutzen mittels einer Gasfackel verbrannt werden.

## **Energetische Aspekte des Kläranlagenbetriebes**

Von den Liegenschaften der Kommunen gehört die Kläranlage zu den Großverbrauchern für Strom. Umso wichtiger ist es, jede Möglichkeit, den Energieverbrauch zu senken, auch zu nutzen.

### **Möglichkeiten zur Senkung des Stromverbrauchs**

#### **Frequenzgesteuerte Elektromotoren**

In einer Kläranlage werden viele Pumpen und andere mit elektrischen Motoren betriebene Geräte eingesetzt. Früher konnte man diese Motoren nur ein – und ausschalten. Eine Regelung der Drehzahl war nicht möglich. Der Stromverbrauch war entsprechend hoch. Moderne Motoren sind frequenzgesteuert und haben einen höheren Wirkungsgrad. Das bedeutet, man kann die Drehzahl regeln und bei gleicher Leistung hat man einen geringeren Stromverbrauch. Somit lässt sich die Drehzahl an den jeweiligen Bedarf anpassen. Es wird nur jeweils so viel Strom verbraucht, wie unbedingt notwendig ist.

#### **Optimierung der Regelung**

Der Bedarf an Luft, die in das Belebungsbecken eingeblasen wird, ist abhängig von dem Sauerstoffgehalt des belasteten Abwassers in den Belebungsbecken. Je genauer die Sauerstoffmessung ist und je besser die Luftzufuhr mittels einer Drucküberwachung geregelt werden kann, umso geringer ist der Stromverbrauch.

Durch die bereits beschriebenen frequenzbetriebenen Pumpen kann man die Höhendifferenz der Wasserspiegel so gering wie möglich halten. Damit werden ebenso Stromeinsparungen erreicht, da der zu überwindende hydrostatische Druck somit gering gehalten wird.

#### **Möglichkeiten zur Senkung der Stromkosten**

Neben dem Stromverbrauch sind auch die Stromkosten wichtig. Zunächst kann man diese Kosten natürlich durch einen geringeren Stromverbrauch senken. Ein weiterer Ansatzpunkt ist die Verschiebung des Stromverbrauchs in die Zeit, in der der billigere Nachtstromtarif gilt. Man kann auch das zweite BHKW vorwiegend tagsüber laufen lassen, um den Verbrauch von teurerem Tagstrom zu minimieren. Diese Maßnahmen müssen allerdings auch in den Betriebsablauf eingepasst werden.

Großverbraucher müssen den Strom nicht nur nach dem Verbrauch in kWh, sondern auch nach kW, also Leistung, bezahlen. Dabei ist die im jeweiligen Monat erreichte Leistungsspitze ausschlaggebend. Ungünstig ist es deshalb, wenn zu viele Motoren zur selben Zeit laufen, denn dann steigt die Leistungsspitze. In der Kläranlage in Freising wird die Leistungsspitze mittels einer Software minimiert (Maximumüberwachung). Bei Überschreitung eines Grenzwertes überprüft die Software automatisch, ob wirklich alle Motoren, die zurzeit eingeschaltet sind, auch laufen müssen. Meist können einige Motoren, ohne den Betriebsablauf zu stören, vorübergehend für geringe Zeit abgeschaltet werden.

#### **Möglichkeiten zur Senkung des Wärmeverbrauchs**

Durch eine gute Isolierung der Faultürme kann der Wärmeverlust deutlich gesenkt werden. Somit spart man Zusatzheizungen, besonders im Winter, für die Wärme im Faulturm.