

Schlammfäulung: Aus Schlamm wird Klärgas und Energie

Der Primärschlamm aus der Vorklärung und Überschussschlamm aus der Nachklärung werden in Faulbehältern unter Luftabschluss ausgefäult. Der Faulprozess bewirkt eine Hygienisierung und Geruchsminderung sowie eine Reduzierung der Feststoffe.

Bei der Fäulung bauen anaerobe Bakterien die organischen Substanzen ab. Die Bakterien sind in der Lage, unter Licht- und Luftabschluss die energiereichen organischen Stoffe in mehreren Schritten zu Klärgas umzuwandeln. Täglich fallen so bis zu 22.000 m³ Klärgas an, das in zwei Gasbehältern gespeichert wird. Dies entspricht ca. 12.000 Kubikmeter Erdgas.

Damit der Faulungsprozess stabil ablaufen kann, muss der Schlamm beheizt werden: Bei einer Temperatur von ca. 38°C wird er in den Faulbehältern kontinuierlich umgewälzt. Die dazu erforderliche Wärme kommt aus dem Wärmeverbund des Klärwerks – sie wird in der Verbrennungsanlage und den Blockheizkraftwerken erzeugt.

Klärgas wird im Hauptklärwerk Mühlhausen zur Energieerzeugung genutzt. In den Blockheizkraftwerken treibt jeweils ein Klärgasbetriebener Motor einen Generator zur Stromerzeugung an.

Der in den Faulbehältern ausgefäulte Schlamm wird anschließend in Stapelbehältern zwischengelagert, danach in der Schlammbehandlung entwässert und der Schlammverbrennung zugeführt.

Schlammbehandlung und Schlammverbrennung

Der Schlamm aus den Faulbehältern enthält immer noch viel Wasser und kann nicht direkt verbrannt werden. In Schlammstapelbehältern wird er zunächst zwischengelagert. Anschließend wird ihm das Wasser bis zu einem verbleibenden Anteil von rund 50 Prozent entzogen.

Die Verbrennung der organischen Masse findet in einer Wirbelschichtverbrennungszone aus Quarzsand und Heißluft bei Temperaturen von über 850°C schnell und vollständig statt.

Rauchgase und Asche verlassen den Ofen mit über 850°C und werden im Abhitzekeessel auf ca. 200°C abgekühlt und anschließend im Elektrofilter entstaubt: Durch Anlegen einer Gleichspannung von bis zu 80.000 Volt laden sich die Ascheteilchen negativ auf und scheiden sich an den Niederschlagsselektroden ab.

Die Rauchgase werden in einer zweistufigen Rauchgaswäsche gewaschen und weiter entstaubt. Zur Abscheidung von Quecksilber und anderen Schwermetallen wird Kohlestaub eingebracht. Die im Waschwasser angereicherten Schwermetalle werden ausgeschleust und mit der Restwärme der Rauchgase im Sprühtrockner eingedampft. Die Entnahme der getrockneten Teilchen erfolgt im nachgeschalteten Elektrofilter.

Übrig bleiben Salzpartikel, Verbrennungasche und gereinigte Abluft. Kontinuierliche Emissionsmessungen belegen, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten und um bis zu 98 Prozent unterschritten werden. Asche und Rauchgasrückstände werden nach den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes weiterverwertet bzw. entsorgt.

Energiegewinnung im Hauptklärwerk Mühlhausen

Im Hauptklärwerk Mühlhausen werden durchschnittlich pro Tag 160.000 Kubikmeter Abwasser gereinigt und dessen Rückstände entsorgt. Dazu wird viel Energie benötigt – ein Teil davon kann jedoch wieder zurückgewonnen werden.

Die Klärschlammverbrennung in den zwei Wirbelschichtöfen setzt sehr viel Wärme frei. Ein Teil davon wird über Abhitzekeessel ausgekoppelt und einer Dampfturbine zur Stromerzeugung zugeführt. Mit dem Restdampf werden auch die Dampftrockner sowie die Speisewasser- und Luftvorwärmung der Verbrennung mit Wärme versorgt. Die Abwärme wird in den Wärmeverbund des Klärwerks eingespeist und beheizt die großen Behälter der Schlammfäulung und darüber hinaus noch sämtliche Betriebsgebäude.

Das in der Schlammfäulung entstehende Klärgas wird im Hauptklärwerk Mühlhausen zur Stromgewinnung genutzt. In den Blockheizkraftwerken werden damit Gasmotoren betrieben, die ihrerseits Generatoren zur Stromerzeugung antreiben. Die dabei anfallende Wärme wird über Wärmetauscher ebenfalls in den Wärmeverbund eingespeist.

Die Bilanz dieser Bemühungen kann sich sehen lassen: Der gesamte Wärmebedarf des Klärwerks wird im Klärwerk selbst erzeugt und der Strombedarf zu rund einem Drittel aus der Eigenstromerzeugung gedeckt.

Kennzahlen Hauptklärwerk Mühlhausen

Ausbaugröße	
Einwohnerwerte	1 200 000
Abwassermenge, jährlich ca.	60 000 000 m ³ /a
Abwassermenge, täglich ca.	160 000 m ³ /d

Bemessungswerte	
Trockenwetterzufluss (Q _t)	1,6 m ³ /s
Regenwetterzufluss (Q _{rn})	3,2 m ³ /s
Zulauf Belebung	CSB 111 000 kg/d
	N _{ges} 13 600 kg/d
	P _{ges} 2 000 kg/d

Ablaufwerte	
Mittlere Ablaufkonzentration	CSB 16,1 mg/l
	N _{ges} 8,5 mg/l
	P _{ges} 0,4 mg/l
Mittlere Abbauleistung	CSB > 97 %
	N _{ges} > 77 %
	P _{ges} > 94 %

Schlamm- und Gasanfall	
Primärschlamm	800 m ³ /d
Überschussschlamm	4 100 m ³ /d
Klärgas	22 000 m ³ /d

Reststoffe	
Rechengut	1 800 t/a
Sand	345 t/a
Asche	8 500 t/a
Rückstände Rauchgasreinigung	110 t/a
Fläche HKW	25 ha
Anzahl Mitarbeiter	121
Auszubildende	23

Stand 2018

Alles erfahren über das Hauptklärwerk Mühlhausen

Führungen

Unter dieser Rufnummer können Schulklassen, Studenten, Vereine und alle interessierten Gruppen Termine zu ausführlichen Führungen im Hauptklärwerk Mühlhausen vereinbaren:

0711 - 216 33011

Oder Sie schreiben eine E-Mail mit Ihrem speziellen Führungswunsch sowie Ihrem Wunschtermin an:

FUEHRUNGEN-KLAERWERKE@STUTTGART.DE

Für alle, die sich vorab schon mal selbständig kundig machen wollen, gibt es zwischen dem Betriebsgelände des Hauptklärwerks und dem Neckar einen Fußgänger- und Radweg, ausgestattet mit Informationstafeln zu den wichtigsten Prozessstufen der Abwasserreinigung.

Weitere Informationen zur Stadtentwässerung Stuttgart SES finden Sie im Internet unter:

WWW.STUTTGART-STADTENTWAESSERUNG.DE

© Stadtentwässerung Stuttgart SES - 2019



LANDESHAUPTSTADT STUTTGART
TIEFBAUAMT
EIGENBETRIEB
STADTENTWÄSSERUNG STUTTGART (SES)

KONZEPTION UND GESTALTUNG: CONRAD HÖLLERER, STUTTGART
PRODUKTION: HÖLLERER · BÜRO FÜR KOMMUNIKATION, STUTTGART
TEXT: MARTIN PFEIFFER, SACHSENHEIM
FOTOS: GERT ELSNER, MICHAEL FUCHS, CONRAD HÖLLERER
© STADTENTWÄSSERUNG STUTTGART SES · ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Das Hauptklärwerk Mühlhausen



Stadtentwässerung: Vom Gully zum Klärwerk

Eine moderne Stadtentwässerung besteht aus dem Kanalnetz, in dem Abwasser gesammelt und abgeleitet wird, einer Regenwasserbehandlung, mittels derer sauberes Regenwasser abgetrennt wird, und einem oder mehreren Klärwerken zur Reinigung des Abwassers.

Im Kanalnetz werden Schmutzwasser – das sind die Abwässer aus Industrie, Gewerbe und Haushalten – und Regenwasser – das ist das an der Oberfläche abfließende Wasser von Straßen, Wegen und Plätzen – gesammelt. Das Stuttgarter Kanalnetz mit einer Länge von rund 1700 km wird fast ausschließlich im Mischverfahren betrieben, Schmutzwasser und Regenwasser fließen in einem Kanal.

Wenn es nicht regnet, fließt beim Mischverfahren nur Schmutzwasser im Kanalnetz. Bei Regenwetter kommt der Regenwetterabfluss hinzu, der bis zum 200fachen des Trockenwetterabflusses betragen kann. Ein Kanalsystem so groß zu bauen, dass jeder auftretende Starkregen abgeleitet werden kann, ist nicht möglich. Das wäre nicht nur unwirtschaftlich, es würde auch zu einer Überlastung der Kläranlage führen.

Deshalb wird bei Regen der erste „Schmutzstoß“, der stark durch Straßenschmutz und Staub belastet ist, in Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken zurückgehalten und verzögert zur Kläranlage abgeleitet.

Zur Verbesserung der Gewässergüte unserer Flüsse und Bäche ist eine konsequent betriebene Regenwasserbehandlung ebenso wichtig wie Ausbau und Weiterentwicklung der Klärwerke.



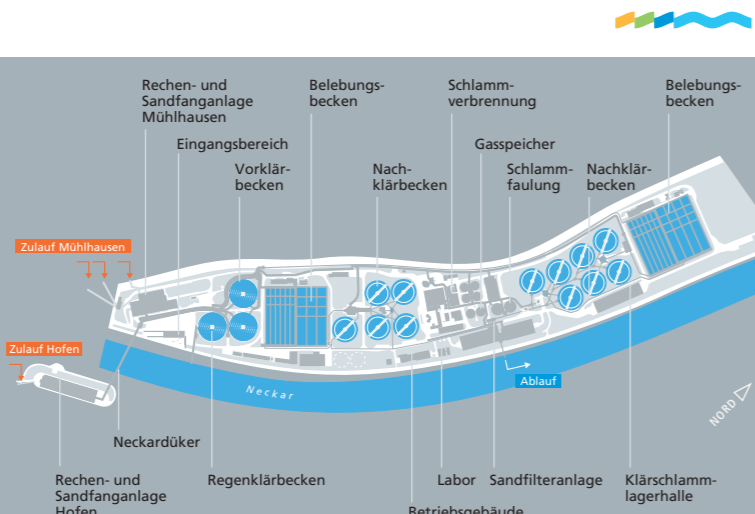
Das Hauptklärwerk Mühlhausen im Überblick

Im Hauptklärwerk Mühlhausen wird das Abwasser von 1,2 Mio. Einwohnerwerten und einer Einzugsgebietsfläche von 163 km² gereinigt. Drei Viertel davon kommen aus Stuttgart, der Rest aus den Nachbarstädten Esslingen, Fellbach, Korntal-Münchingen, Kornwestheim und Remseck. Die Abwässer der südlich und westlich gelegenen Stadtgebiete Stuttgarts werden den Außenklärwerken Möhringen, Plieningen und dem Gruppenklärwerk Ditzingen zugeführt.

Zwei Zulaufkanäle leiten dem Hauptklärwerk Mühlhausen das Abwasser zu. Ein Hauptsammler kommt aus Richtung Bad Cannstatt, er entwässert das Stadtzentrum von Stuttgart, die südöstlichen Stadtteile sowie den größten Teil der Städte Esslingen und Fellbach; ein zweiter Hauptsammler, der durch das Feuerbacher Tal zum Klärwerk verläuft, entwässert die nordwestlichen Stadtteile Stuttgarts, die Stadt Korntal-Münchingen sowie Teile Kornwestheims.

Moderne Klärwerke verfügen über drei Funktionsbereiche: eine mechanische Reinigungsstufe, eine biologische Reinigungsstufe sowie eine Schlammbehandlung. Das Hauptklärwerk Mühlhausen und das Klärwerk Plieningen sind darüber hinaus mit einer Sandfilteranlage ausgestattet.

Das Hauptklärwerk Mühlhausen wird derzeit mit einer vierten Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination ausgerüstet. Spurenstoffe sind kleinste Rückstände von Medikamenten, Kosmetikzusätzen, Pestiziden, Weichmachern und Korrosions- und Flammschutzmitteln. Mit herkömmlicher Verfahrenstechnik sind Spurenstoffe nur unzureichend aus dem Abwasser zu entfernen. Die bestehende Sandfilteranlage wird deshalb in eine Flockungsfiltration umgebaut sowie eine Adsorptionsstufe integriert: für eine verbesserte Phosphorentnahme und zur Spurenstoffelimination.



Mechanische Reinigungsstufe: Grobstoffe werden entfernt

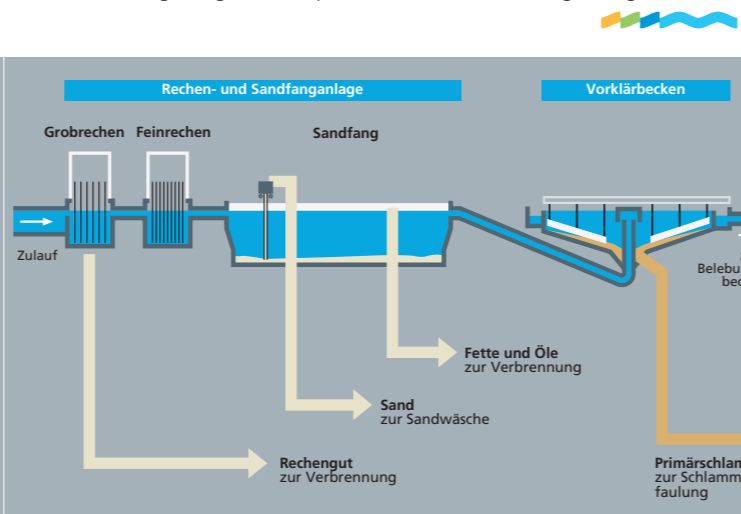
Das Hauptklärwerk Mühlhausen verfügt über zwei Zuläufe, jeweils einen auf der linken und der rechten Seite des Neckars. Das Abwasser auf der linken Neckarseite wird der Rechen- und Sandfanganlage Mühlhausen zugeleitet, das der rechten Seite der Rechen- und Sandfanganlage Hofen. Beide Anlagen gehören zur mechanischen Reinigungsstufe des Hauptklärwerks.

Die mechanische Abwasserreinigung beruht auf physikalischen Vorgängen der Stofftrennung. Ungelöste Stoffe werden dem Wasser aufgrund ihrer Größe und Dichte entnommen.

In den Rechenanlagen werden Grobstoffe wie Papier, Fäkalien, Holz und Steine entfernt, in den Sandfängen Sinkstoffe wie Sand oder Feinkies und in der Fettfangkammer Fette und Öle. Diese Grob- und Feinreinigung zu Anfang des Klärprozesses verhindert Ablagerungen und Verstopfungen von Rohrleitungen und Pumpen im Klärwerk. Sand und Feinkies werden gewaschen und weiterverwertet, alle anderen entnommenen Stoffe werden entwässert und dann der Verbrennung zugeführt.

In den sich anschließenden Vorklärbecken ist die Fließgeschwindigkeit so gering bemessen, dass sich auch sehr feine Stoffe absetzen (soweit sie schwerer als Wasser sind) oder aufschwimmen (sofern sie leichter als Wasser sind). Der am Beckenboden abgesetzte Schlamm, der sogenannte Primärschlamm, wird zur Weiterbehandlung in Faulbehälter gepumpt. Täglich werden, bei einer Aufenthaltszeit in den Vorklärbecken von ein bis zwei Stunden, bis zu 800 Kubikmeter Schlamm aus dem Abwasser abgeschieden.

Die mechanische Reinigungsstufe ist sehr geruchsintensiv. Deshalb sind im Hauptklärwerk Mühlhausen alle Anlagenteile dieser Reinigungsstufe vollständig gekapselt; die geruchsbelastete Luft wird abgesaugt und in speziellen Abluftwäschern gereinigt.

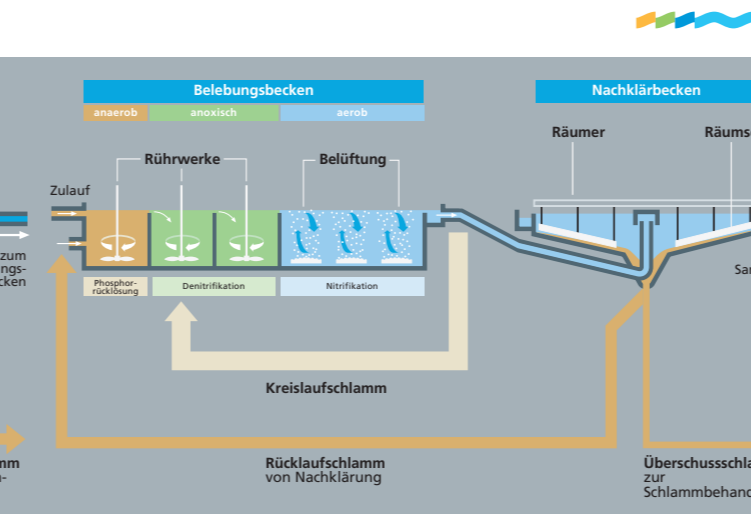


Biologische Reinigungs- Prozesse wie im Fließgewässer

Das mechanisch gereinigte Abwasser fließt über Verteilerbauwerke in die Belebungsbecken. Hier findet im Zeitraffer derselbe Reinigungsprozess statt wie in natürlichen Fließgewässern. Milliarden von Mikroorganismen – Pilze, Bakterien, Protozoen und andere Kleinstlebewesen – bilden den Belebtschlamm. Diese Mikroorganismen besitzen die Fähigkeit, im Abwasser vorhandene Stoffe aufzunehmen und als Nährstoffe zu verwerten: Sie wandeln zellfremdes Material in zelleigenes um und vermehren sich dabei.

Für den biologischen Abbau brauchen diese Zellen viel Energie, die sie durch Oxidation der Nährstoffe mit Sauerstoff gewinnen. Die hierzu benötigte Luft wird mit Turbogebälgen über feinporige Belüfter in das Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch gedrückt. Das versorgt die Mikroorganismen mit dem notwendigen Sauerstoff und bewirkt gleichzeitig eine gründliche Durchmischung des Abwassers mit dem Belebtschlamm. Gleichzeitig findet hier auch die Entnahme von Stickstoff- und Phosphorverbindungen statt.

Der Belebtschlamm setzt sich anschließend in den Nachklärbecken bei einer sehr verlangsamten Fließgeschwindigkeit auf der Beckensohle ab. Ein Teil davon wird wieder in die Belebungsbecken zurückgeleitet, um die biologischen Abbauprozesse zu erhalten. Der durch die Vermehrung der Mikroorganismen entstandene Überschussschlamm wird dem Kreislauf entnommen und der Schlammbehandlung zugeführt.

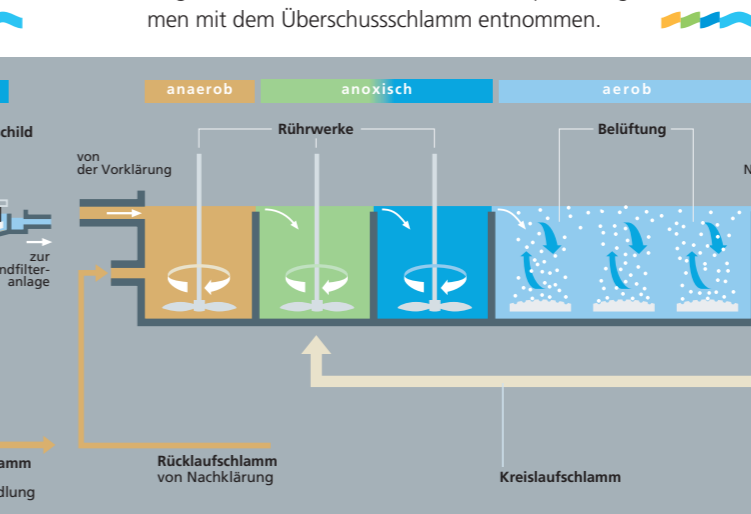


Entnahme von Stickstoff- und Phosphorverbindungen

Stickstoff- und Phosphorverbindungen dürfen nicht im Abwasser verbleiben, denn für Algen und Mikroorganismen in den Bächen und Flüssen sind dies Nährstoffe, die zu einem unkontrollierten Wachstum führen. Dem Gewässer wird am Ende so viel Sauerstoff entzogen, dass es „umkippt“ – in der Folge kommt es zu einem Massensterben, Wasserpflanzen und Wassertiere sterben ab.

Moderne Verfahren ermöglichen, dem Abwasser gezielt Stickstoff und Phosphor zu entnehmen. Die Stickstoffentnahme erfolgt dabei biologisch. Spezielle Bakterienarten, wie z.B. die „Nitrosomonas“ und „Nitrobakter“, sind in der Lage, mit Hilfe von Luftsauerstoff den Ammoniumstickstoff des Abwassers in Nitrat umzuwandeln (Nitrifikation). Um diesen Bakterien günstige Lebensbedingungen zu verschaffen, sind große, belüftete Belebungsbecken notwendig. Jedes dieser Becken verfügt auch über einen nicht belüfteten Bereich, in dem andere Belebtschlamm-bakterien anschließend den Sauerstoffanteil des Nitrats für ihre Atmung abspalten. Dabei entweicht der Stickstoffanteil als Gas in die Atmosphäre (Denitrifikation). Hierzu wird ein Teil des Abwassers als Kreislaufschlamm in die anoxischen Beckenteile zurückgeführt.

Die Phosphorentnahme erfolgt biologisch und chemisch. Im Abwasser liegt der größte Teil des Phosphors gelöst vor, kann aber nur als Feststoff entnommen werden. Die Überführung vom flüssigen in den festen Aggregatzustand wird durch die Einlagerung in Mikroorganismen erreicht. In Kombination mit einem unbelüfteten „anaeroben“ Abschnitt zu Beginn des Belebungsbeckens kann die Phosphateinlagerung so gesteigert werden, dass die Mikroorganismen viel mehr Phosphor aufnehmen, als sie für ihren Stoffwechsel benötigen. Mit Chemikalien, die im Ablauf des biologischen Bereichs eingemischt werden, wird weiterer Phosphor ausgefällt und zusammen mit dem Überschussschlamm entnommen.



Sandfilteranlage: Schwebstoffe werden zurückgehalten

In 48 Filterkammern werden aus dem Abwasser Schwebstoffe herausgefiltert und damit eine weitere Verbesserung der Gewässergüte erreicht.

Das Abwasser wird nach der biologischen Reinigung von den Nachklärbecken zur Sandfilteranlage geleitet, dort durch ein zentrales Schneckenpumpwerk gehoben und auf die Filterkammern der Sandfilteranlage verteilt.

Die 145 cm dicke Filterschicht jeder Kammer besteht aus zwei verschiedenen Materialien: Spezifisch leichteres Blähschiefermaterial mit grober Körnung lagert über dem feineren, aber schweren Quarzsand. An der wie ein Sieb wirkenden obersten Filterschicht werden Schwebstoffe weitgehend zurückgehalten. Das gefilterte Wasser fließt nun durch die Lamellendüsen im Filterboden in einen Sammelraum und von dort aus in den Neckar. In nur 15 Minuten durchläuft das Abwasser die Schichten des Filterbetts.

Die Filterkammern werden regelmäßig von den zurückgehaltenen Schmutzpartikeln gesäubert. Dies geschieht durch eine kombinierte Luft-Wasser-Spülung: Luft und Wasser werden von unten nach oben durch die Filterschichten gepresst. Als Spülwasser dient dabei bereits gereinigtes Wasser. Aufgrund der unterschiedlichen Dichten des Filtermaterials stellt sich der Schichtaufbau danach selbstständig wieder her.

Die Sandfilteranlage wird zur Verbesserung der Phosphorentnahme zu einer Flockungsfiltration umgebaut und eine Adsorptionsstufe zur Spurenstoffentnahme integriert. 2025 wird der erste Flügel der Filteranlage in Betrieb gehen und ab 2028 steht dann die volle Eliminationsleistung zur Verfügung.

