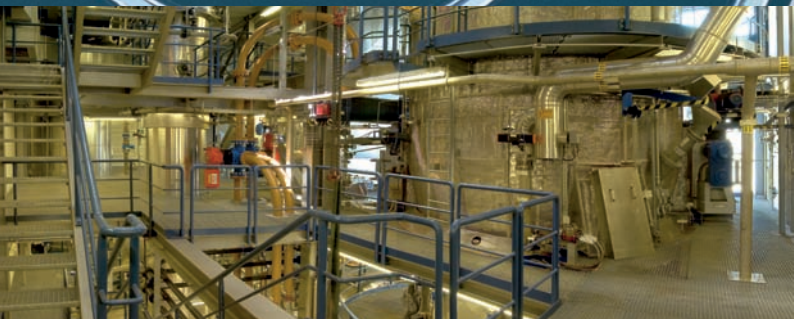
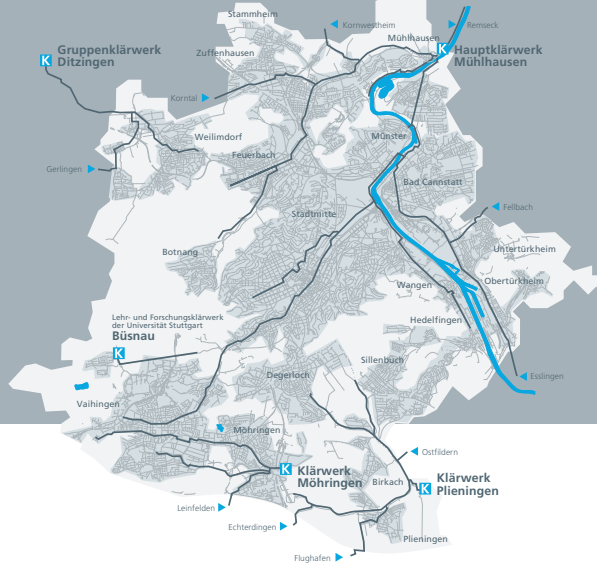


Das Hauptklärwerk Mühlhausen



Stadtentwässerung: Vom Gully zum Klärwerk




Eine moderne Stadtentwässerung besteht immer aus zwei Bereichen: dem Kanalnetz, in dem Abwasser gesammelt und abgeleitet wird, und einem oder mehreren Klärwerken zur Reinigung des Abwassers.

Im Kanalnetz werden Schmutzwasser (Abwasser aus Industrie, Gewerbe und Haushalten) und Regenwasser (das oberflächlich abfließende Wasser von Straßen, Wegen und Plätzen) gesammelt. Das Stuttgarter Kanalnetz mit seinen über 1700km Länge wird fast ausschließlich im Mischverfahren betrieben – Schmutzwasser und Regenwasser fließen in einem gemeinsamen Kanal.

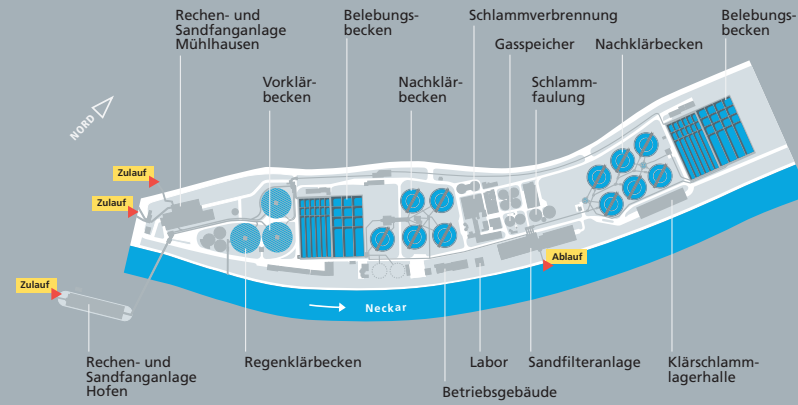
Wenn es nicht regnet, durchfließt beim Mischverfahren nur das Schmutzwasser das Kanalnetz. Bei Regenwetter kommt der Regenwetterabfluss hinzu, der das 200fache des Trockenwetterabflusses betragen kann. Es ist aber nicht möglich, ein Kanalsystem so

groß auszubauen, dass jeder mögliche Starkregen abgeleitet werden kann. Das wäre nicht nur unwirtschaftlich, es würde auch zu einer Überlastung der Kläranlage führen.

Deshalb wird bei Regen der erste „Schmutzstoß“, der besonders stark durch Straßenschmutz und Staub belastet ist, in Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken zurückgehalten und dann zur Kläranlage abgeleitet. Sind die Becken bei starkem Regen vollgelaufen, fließt das nachfolgende, nur noch gering verschmutzte Regenwasser darüber hinweg und wird direkt in das nächstliegende Gewässer eingeleitet.

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

Das Hauptklärwerk Mühlhausen im Überblick




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

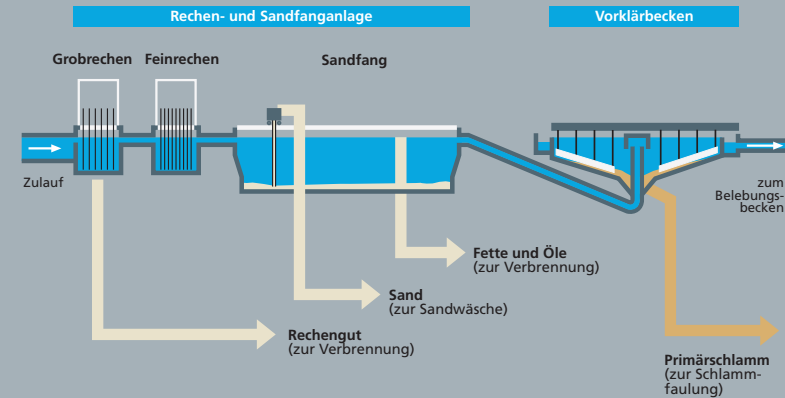
Moderne Klärwerke haben drei Funktionsbereiche: die mechanische Reinigungsstufe, die biologische Reinigungsstufe und die Schlammbehandlung. Die Klärwerke Mühlhausen und Plieningen verfügen darüber hinaus über Sandfilteranlagen.

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 Haupt-

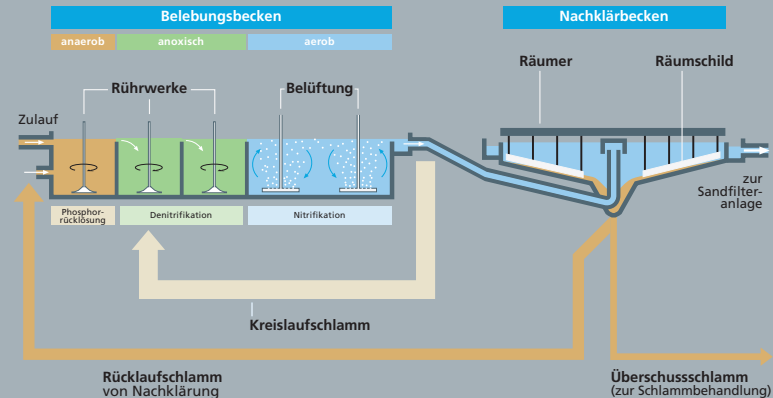
sammler, der durch das Feuerbacher Tal zum Klärwerk verläuft, entwässert die nordwestlichen Stadtteile Stuttgarts, die Stadt Kornal-Münchingen sowie Teile Kornwestheims.

Die Zulaufkanäle münden in je eine Rechen- und Sandfanganlage links und rechts vom Neckar, die das ankommende Abwasser mechanisch vorreinigen. In den runden Vorklärbecken wird der mechanische Reinigungsprozess abgeschlossen: Der Schlamm setzt sich in den Becken ab und wird in Faulbehälter gepumpt. Das Abwasser fließt nun zur biologischen Reinigung in Belebungsbecken und wird dort mittels Mikroorganismen gereinigt. Anschließend durchfließt es die Nachklärbecken, in denen sich die Mikroorganismen absetzen und als Rücklaufschlamm in die Belebungsbecken zurückgepumpt werden. Zuletzt durchläuft das Abwasser die Sandfilteranlage, um dann in den Neckar geleitet zu werden. Jährlich werden so ca. 80 Mio. m³ Abwasser gereinigt, das sind mehr als 220 000 m³ täglich. 

Mechanische Reinigungsstufe: Grobstoffe werden entfernt



Biologische Reinigungsstufe: Prozesse wie im Fließgewässer




Die mechanische Abwasserreinigung beruht auf physikalischen Vorgängen der Stofftrennung. Ungelöste Stoffe werden dem Wasser aufgrund ihrer Größe und Dichte entnommen: zuerst in der Rechenanlage, dann im Sandfang und zuletzt in den Vorklärbecken.

In der Rechenanlage werden Grobstoffe wie Papier, Fäkalien, Holz und Steine entfernt, im Sandfang Sinkstoffe wie Sand oder Feinkies und in den Fettfangkammern der Sandfänge Fette und Öle. Diese Grob- und Feinreinigung zu Anfang des Klärprozesses verhindert Ablagerungen und Verstopfungen von Rohrleitungen und Pumpen. Deshalb wurde in Stuttgart-Hofen auf der rechten Neckarseite eine Rechen- und Sandfanganlage errichtet: Sie schließt eine Verstopfung der Dürkerleitung zur Neckarunterquerung aus.

In den Vorklärbecken ist die Fließgeschwindigkeit so gering gehalten, dass sich auch sehr feine Stoffe absetzen (soweit sie schwerer als Wasser sind) oder auf-

schwimmen (sofern sie leichter als Wasser sind). Der am Beckenboden abgesetzte Schlamm (Primärschlamm) wird zur Weiterbehandlung in die Faulbehälter gepumpt.

Um eine Überlastung des Klärwerks bei starkem Regenzufluss zu verhindern, wird ein Teil des Abwassers im Regenklärbecken gespeichert, vorgereinigt und gegebenenfalls in den Neckar abgeleitet. Im Hauptklärwerk Mühlhausen gibt es zwei Vorklärbecken und ein Regenklärbecken mit einem Durchmesser von jeweils 60 m und einem Gesamtvolumen von 23 400 m³. Bei einer Aufenthaltszeit von ein bis zwei Stunden werden täglich bis zu 1500 m³ Schlamm aus dem Abwasser abgeschieden.

Die mechanische Reinigungsstufe ist neben der Schlammverdickung der geruchsintensivste Teil der Abwasserreinigung. Deshalb sind im Hauptklärwerk Mühlhausen alle Anlagenteile dieser Reinigungsstufe vollständig gekapselt; die geruchsbelastete Luft wird abgesaugt und in speziellen Abluftwäschern gereinigt. 

Der mechanischen folgt die biologische Reinigung. In zwei parallelen Straßen (Biologie Nord und Süd) durchfließt das Abwasser zuerst Belebungs- und anschließend Nachklärbecken. Das Gesamtvolumen der 19 rechteckigen und 120 m langen Belebungsbecken beträgt 152 500 m³, die 11 runden Nachklärbecken fassen bei einem Durchmesser von je 50 m bis zu 140 000 m³ Wasser.

Das mechanisch gereinigte Abwasser fließt über Verteilerbauwerke den Belebungsbecken zu und verbleibt dort im Mittel etwa sechs Stunden. Hier findet im Zeitraster derselbe Reinigungsprozess statt wie in natürlichen Fließgewässern. Milliarden von Mikroorganismen (Pilze, Bakterien, Protozoen und andere Kleinstlebewesen) bilden den Belebtschlamm. Sie 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 Ener-

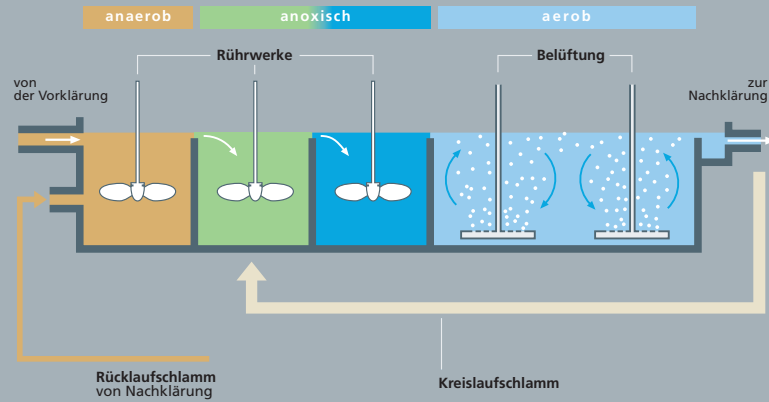
gie, die sie durch Oxidation der Nährstoffe mit Sauerstoff gewinnen. Die hierzu benötigte Luft wird mit Turbogebläsen über feinporeige Belüfter in das Abwasser-Belebtschlammgemisch gedrückt. Das bringt den Mikroorganismen den erforderlichen Sauerstoff und sorgt gleichzeitig für eine gründliche Durchmischung des Abwassers mit dem Belebtschlamm.

Stickstoff- und Phosphorverbindungen dürfen nicht im Abwasser verbleiben und werden mit einem speziellen Verfahren innerhalb der biologischen Reinigungsstufe dem Abwasser entnommen.

In den Nachklärbecken setzen sich bei sehr langsamer Fließgeschwindigkeit Mikroorganismen als Belebtschlamm auf der Beckensohle ab. Ein Teil davon wird wieder in die Belebungsbecken zurückgeleitet, um die biologischen Abbauvorgänge zu erhalten. Der durch die Vermehrung der Mikroorganismen entstandene Überschussschlamm wird dem Kreislauf entnommen und der Schlammbehandlung zugeführt.



Entnahme von Stickstoff- und Phosphorverbindungen



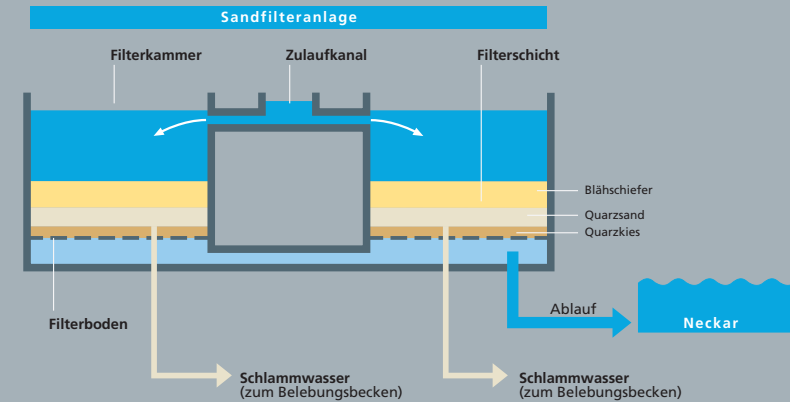
Bei früheren Reinigungsverfahren verblieb der größere Teil der Stickstoff- und Phosphorverbindungen im Abwasser. Nach der Ausleitung in das jeweilige Gewässer wurden sie von Algen und Mikroorganismen als Nährstoff aufgenommen: Die Folge war ein rasches Wachstum von Pflanzen und Mikroorganismen, die dem Gewässer für ihren eigenen Stoffwechsel große Mengen Sauerstoff entzogen. Nach ihrem Absterben erfolgten Fäulnisprozesse – das Gewässer „kippte um“.

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 in gelöster Form vor, kann aber nur als Feststoff entnommen werden – eine Überführung vom flüssigen in den festen Aggregatzustand ist nötig. Dies wird durch Einlagerung in Mikroorganismen erreicht. Die Kombination mit einem unbelüfteten „anaeroben“ Abschnitt zu Beginn des Belebungsbeckens steigert die Phosphateinlagerung so, dass die Mikroorganismen mehr Phosphor aufnehmen, als sie für ihren Stoffwechsel benötigen. Eine weitere Verminderung des Phosphors wird durch den Einsatz von Fällungschemikalien erreicht, die im Fällungsreaktor im Ablauf des biologischen Bereichs beigegeben werden.

Sandfilteranlage: Schwebstoffe werden zurückgehalten



In Europa gibt es nur wenige Sandfilteranlagen in Klärwerken, eine davon steht im Hauptklärwerk Mühlhausen. Das Abwasser kann damit auf über 98 Prozent gereinigt werden, bevor es in den Neckar fließt. Das vermindert die Schwebstoffbelastung des Flusses erheblich und sorgt für eine weitere Verbesserung der Gewässergüte.

Das Abwasser wird nach der biologischen Reinigung von den Nachklärbecken zur Sandfilteranlage geleitet, dort durch ein zentral angeordnetes Schneckenpumpwerk gehoben und mittels eines Kanals auf die 48 Filterkammern der Sandfilteranlage verteilt.

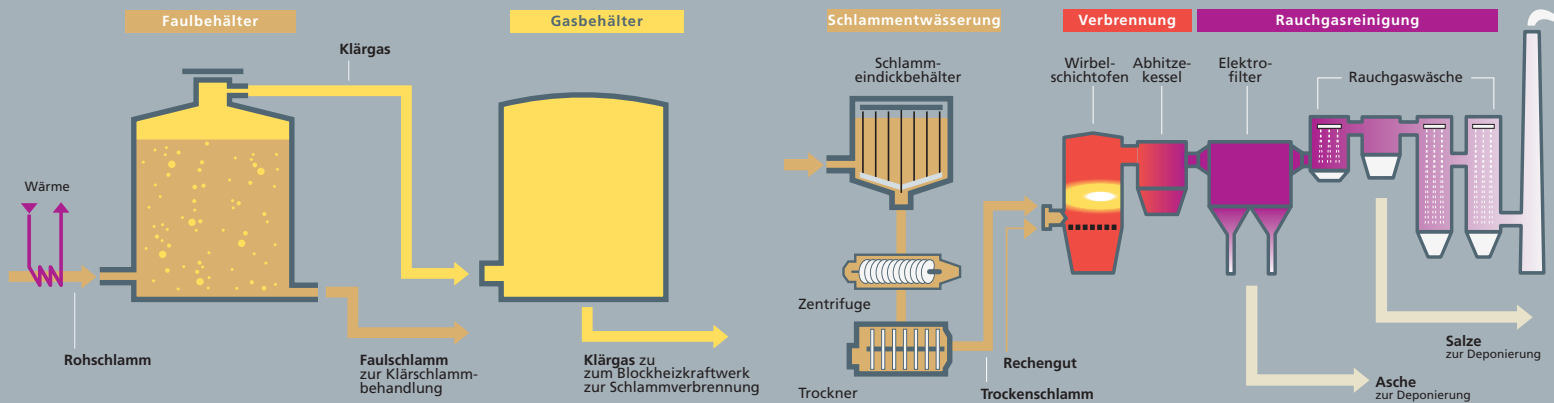
Die 145 cm dicke Filterschicht jeder Kammer besteht aus zwei verschiedenen Materialien: Spezifisch leichteres Blähschiefermaterial mit grober Körnung lagert über dem feineren, aber schweren Quarzsand. An der wie ein Sieb wirkenden obersten Filterschicht werden Schwebstoffe weitgehend zurückgehalten. Das gefilterte Wasser fließt nun durch die La-

melldüsen im Filterboden in einen Sammelraum und von dort aus in den Neckar. Das biologisch gereinigte Abwasser durchläuft die Schichten des Filterbetts in nur 15 Minuten.

Durchschnittlich alle zwei Tage wird jede Filterkammer 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 selbständig wieder her.



Schlammfaulung: Aus Schlamm Schlammbehandlung und Verbrennungsanlage wird Klärgas und Energie



Der Schlamm aus den Vorklärbecken wird in Faulbehälter gepumpt und unter Luftabschluss ausgefault. Der Faulprozess bewirkt eine Hygienisierung und Geruchsminderung sowie eine Massereduzierung der Feststoffe um ein Drittel gegenüber ihrer ursprünglichen Menge.

Bei der Faulung 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. Das Gas besteht im Wesentlichen zu zwei Dritteln aus Methan und zu einem Drittel aus Kohlendioxid. Täglich fallen bis zu 15 000 m³ Klärgas an, die in zwei Gasbehältern gespeichert werden.

Damit der Faulungsprozess stabil ablaufen kann, muss der Schlamm beheizt werden: Bei einer Temperatur von 33 bis 38 °C wird er in den Faulbehältern kontinuierlich umgewälzt. Die dazu erforderliche Wärme kommt aus dem Wärmeverbund des Klärwerkes – sie wird in der Verbrennungs-

anlage und dem Blockheizkraftwerk erzeugt. Das Klärgas nutzt man zur Energiegewinnung; im Blockheizkraftwerk treibt ein klärgasbetriebener Motor einen Generator zur Stromerzeugung an.

Der in den Faulbehältern ausgefaulte Schlamm wird in Eindickbehältern zwischengelagert und in Zentrifugen entwässert, danach getrocknet und anschließend in einem Wirbelschichtofen verbrannt.



Im Hauptklärwerk Mühlhausen fallen täglich ca. 2000 m³ vorentwässerter Schlamm und Rechengut an.

Der Schlamm aus den Vorklärbecken und der Überschussschlamm aus den Nachklärbecken werden in den Faulbehältern ausgefault und in den Eindickbehältern durch Schwerkraft vorentwässert. Dabei verringert sich ihr Volumen; mittels Zentrifugen und Scheibentrocknern wird dieses weiter reduziert. Der entwässerte und getrocknete Schlamm (170 Tonnen täglich) wird einem Wirbelschichtofen zugeführt. Die Verbrennung in der Wirbelschichtverbrennungszone aus Quarzsand und Heißluft findet bei Temperaturen von über 850 °C schnell und vollständig statt.

Rauchgase und Asche verlassen den Ofen mit über 850 °C und werden im Abhitze-kessel auf ca. 200 °C abgekühlt. Anschließend werden die Rauchgase im Elektrofilter entstaubt: Durch Anlegen einer sehr hohen Gleichspannung von bis zu 80 000 Volt laden sich die Ascheteilchen negativ auf und

scheiden sich an den Niederschlagselektroden ab.

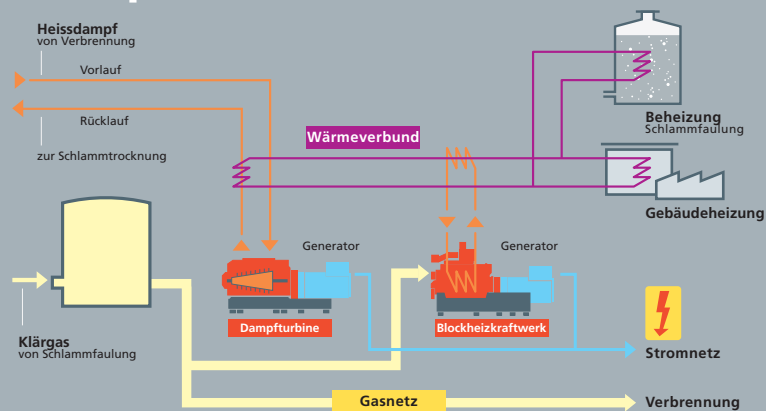
Die Rauchgase werden in einer zweistufigen Rauchgaswäsche zuerst mit Wasser, dann mit Natronlauge alkalisch gewaschen und weiter entstaubt. Zur Abscheidung von Quecksilber und anderen Schwermetallen wird außerdem Kohlestaub eingebracht. Die im Waschwasser angereicherten Schwermetalle werden ausgeschleust und mit der Restwärme der Rauchgase im Sprühtrockner eingedampft. Die getrockneten Teilchen werden im nachgeschalteten Elektrofilter ausgeschieden.

Übrig bleiben Salzpartikel, Verbrennungssasche und saubere Luft. Ständige Emissionsmessungen zeigen, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten, manche um bis zu 98 Prozent unterschritten werden. Asche und Rauchgasrückstände werden anschließend weiterverwertet bzw. entsorgt.



Energiegewinnung im Hauptklärwerk Mühlhausen

Kennzahlen Hauptklärwerk Mühlhausen



Im Hauptklärwerk Mühlhausen werden durchschnittlich 220 Millionen Liter Abwasser pro Tag gereinigt und dessen Rückstände entsorgt. Das geht nur unter Einsatz von viel Energie – ein Teil davon kann jedoch wieder zurückgewonnen werden.

Die Klärschlammverbrennung in den zwei Wirbelschichtöfen setzt sehr viel Wärme frei. Ein Teil davon wird zum einen über Abhitze-kessel ausgekoppelt und einer Dampfturbine nebst Generator zur Erzeugung von Strom zugeführt. Zum anderen werden auch die Dampftrockner der Schlamm-entwässerung mit Wärme versorgt. Die Restwärme wird in den Wärmeverbund eingespeist, welcher die großen Behälter der Schlamm-fermentation sowie viele Betriebsgebäude beheizt. Das in der Schlamm-fermentation entstehende Klärgas wird im Hauptklärwerk Mühlhausen zur Stromgewinnung genutzt. In einem Blockheizkraftwerk kann damit ein spezieller Gasmotor betrieben werden, der seinerseits einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Zusätz-

lich wird die dabei anfallende Wärme über Wärmetauscher in den Wärmeverbund eingespeist.

Eine übergeordnete Prozessleittechnik steuert dieses System. So wird ein Teil des benötigten Stroms selbst erzeugt und der CO₂-Ausstoß erheblich vermindert. Die SES hat sich zum Ziel gesetzt, einen Großteil des Strombedarfs im Hauptklärwerk Mühlhausen selbst zu produzieren.



Ausbaugröße

Einwohnerwerte	1 200 000
Abwassermenge, jährlich ca.	80 000 000 m ³ /a
Abwassermenge, täglich ca.	220 000 m ³ /d

Bemessungswerte

Trockenwetterzufluss (Q _t)		4,0 m ³ /s
Regenwetterzufluss (Q _m)		7,5 m ³ /s
Zulauf Belebung	CSB	111 000 kg/d
	N _{ges}	13 600 kg/d
	P _{ges}	2 000 kg/d
Mittlere Ablaufkonzentration	CSB	21 mg/l
	N _{ges}	11 mg/l
	P _{ges}	0,5 mg/l
Mittlere Ablaufleistung	CSB	> 95 %
	N _{ges}	> 70 %
	P _{ges}	> 93 %

Schlamm- und Gasanfall

Primärschlamm	1 000 m ³ /d
Überschussschlamm	4 500 m ³ /d
Klärgas	15 000 m ³ /d

Reststoffe

Rechengut	1 570 t/a
Sand	540 t/a
Asche	7 000 t/a
Rückstände Rauchgasreinigung	250 t/a

Fläche HKW	25 ha
Anzahl Mitarbeiter	113
Auszubildende	18

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:

Ursus.Schmidt@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



Landeshauptstadt Stuttgart
Tiefbauamt
Eigenbetrieb Stadtentwässerung Stuttgart (SES)

Gesamtherstellung: Höllerer, Büro für Kommunikation
Text: Martin Pfeiffer
Fotos: Gert Elsner, Conrad Höllerer