

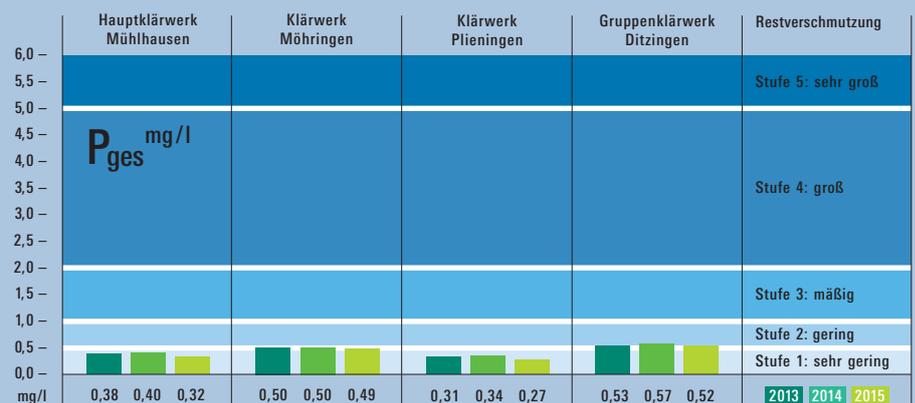
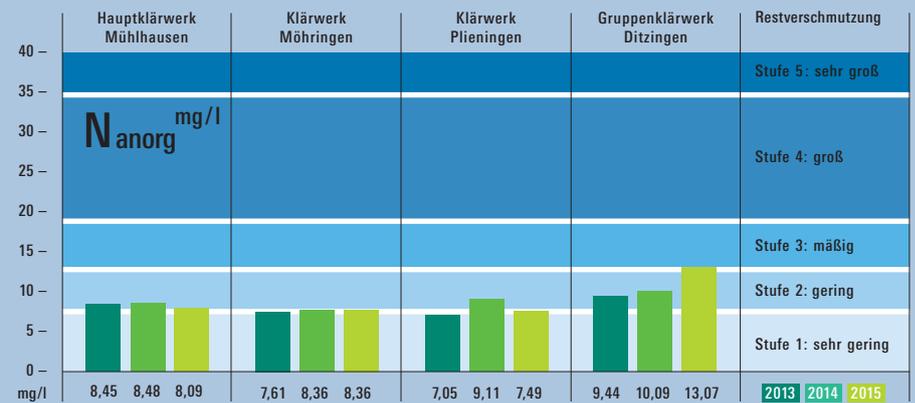
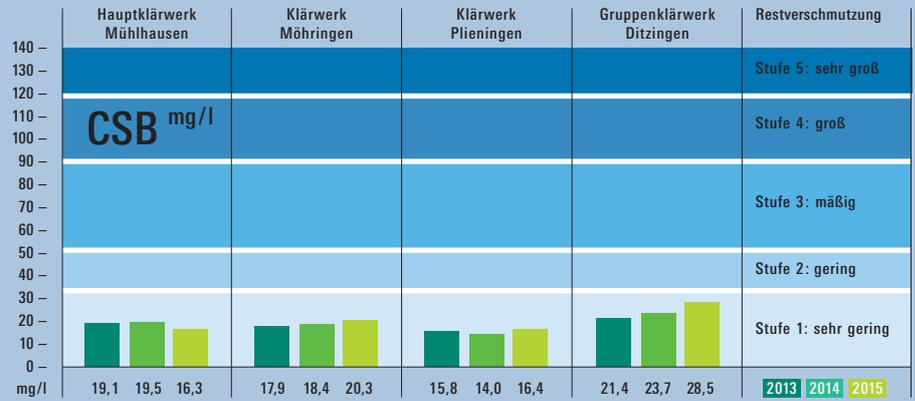
# Leistungsvergleich Stuttgarter Klärwerke 2015



# Die Reinigungsleistung

Das Hauptklärwerk Mühlhausen feiert im Jahr 2016 sein 100-jähriges Bestehen. Während zu Beginn der Abwasserreinigung in Stuttgart primär die Verbesserung der hygienischen Bedingungen und somit das Wohl der Bürger im Mittelpunkt standen, liegt der Fokus heute verstärkt auf dem Gewässer- und Umweltschutz. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den gesetzlichen Bestimmungen und den wasserrechtlichen Genehmigungen für die Stuttgarter Klärwerke wider. So enthielt die erste für das Hauptklärwerk Mühlhausen erteilte Erlaubnis lediglich den Vermerk, dass alle Abwässer einer mechanischen und einer dem Stand der Technik entsprechenden biologischen Reinigung zu unterziehen sind. Quantitativ bestimmte Anforderungen wurden erstmals in der wasserrechtlichen Erlaubnis von 1976 mit der Einführung eines Grenzwerts für den Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>) umgesetzt. Ab 1986 galten zusätzlich Grenzwerte für den Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) und aufgrund der verfahrenstechnischen Innovationen auch für den Nährstoffparameter Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N). Im Jahr 1989 wurden dann Mindestanforderungen für CSB, Anorganischen Stickstoff (N<sub>anorg</sub>) als Summe von Ammonium-, Nitrat- und Nitritstickstoff sowie Gesamtphosphor (P<sub>ges</sub>) an das Einleiten von häuslichem und kommunalem Abwasser in Gewässer festgelegt. Die damaligen Grenzwerte von 75 mg CSB/l, 18 mg N<sub>anorg</sub>/l und 1 mg P<sub>ges</sub>/l sind bis heute nochmals drastisch verschärft worden. So sieht der neueste, ab 2015 gültige Wasserrechtsbescheid für das Hauptklärwerk Mühlhausen einen Grenzwert für CSB von 38 mg/l, für N<sub>anorg</sub> von 13 mg/l und für P<sub>ges</sub> von 1 mg/l vor. Zusätzlich ist ab 2016 für Gesamtphosphor im Jahresdurchschnitt ein Zielwert von 0,40 mg/l anzustreben. Um diesen Wert gesichert einhalten zu können, soll der Sandfilter auf dem Hauptklärwerk zur Flockungsfiltration umgebaut werden.

Die Abbildungen geben für die Jahre 2013 bis 2015 die durchschnittlichen jährlichen Ablaufwerte der Stuttgarter Klärwerke für CSB, N<sub>anorg</sub> und P<sub>ges</sub> wieder. Für das Hauptklärwerk Mühlhausen zeigt sich für alle Parameter nach einer leichten, umbaubedingten Erhöhung im Jahr 2014 gegenüber dem Jahr 2013 im Jahr 2015 erneut eine deutliche Verringerung der Ablaufkonzentrationen. Der für das Gruppenklärwerk Ditzingen über die letzten drei Jahre durchgängig zu erkennende Anstieg ist auf die zeitweise Außerbetriebnahme einzelner Anlagenteile während der mehrjährigen umfangreichen Sanierungen zurückzuführen.

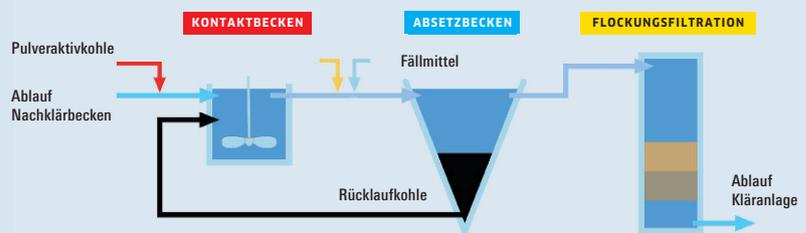


## Spurenstoffelimination aus dem Abwasserstrom

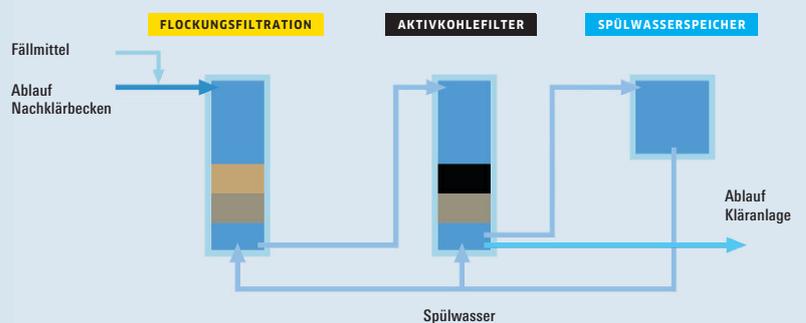
Heute entspricht es dem Stand der Technik sowohl die sauerstoffzehrenden Stoffe als auch Stickstoffverbindungen und Phosphor weitestgehend aus dem Abwasser zu entfernen. Aufgrund moderner Technologien der Industriebetriebe stellen Schwermetalle ebenfalls kein großes Problem mehr dar. In den Fokus sind dagegen anthropogene Spurenstoffe wie Arzneimittelrückstände oder endokrin wirksame Industriechemikalien gerückt. Diese können, selbst in den geringen Konzentrationen, in denen sie im Abwasser vorliegen, negative Folgen für die aquatische Umwelt, insbesondere die Reproduktionsbiologie haben.

Daher hat die Stadtentwässerung Stuttgart in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg eine Versuchsanlage im Hauptklärwerk Mühlhausen errichtet.

### Spurenstoffelimination mit pulverisierter Aktivkohle



### Spurenstoffelimination mit granulierter Aktivkohle



## Die Abfallbilanz

Das Hauptabfallprodukt bei der Abwasserreinigung ist Klärschlamm. Dieser wurde 1916 noch per Hand aus den damals tiefen Becken der mechanischen Reinigung in Loren geschaufelt und mit einer Werksbahn auf Trockenfelder transportiert. Jedoch reichten die Kapazitäten, einschließlich der in den 1930er Jahren zusätzlich geschaffenen Stapelmöglichkeiten in Form von Schlammseen, bald nicht mehr aus – von den Geruchsbelästigungen ganz zu schweigen. Auch der Bau von Schlammbehältern zur Speicherung des Schlammes und von ersten Faulbehältern zu dessen Ausfäulung im Jahr 1930 löste das mittlerweile ernsthafte Entsorgungsproblem nur vorübergehend. Aufgrund des nach dem Krieg einsetzenden Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums überstiegen zudem die Schlammengen mittlerweile die landwirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten bei Weitem. Da auch die Versuche mit einer neuartigen Schlamm-trocknungs- und Filtrataufbereitungsanlage im Hauptklärwerk Mühlhausen in den 1950er Jahren nicht den gewünschten Durchbruch erbrachten und im Jahr 1961 immer noch die Hälfte des Klärschlammes

per Schiff in stillgelegte Kiesgruben abtransportiert werden musste, beschloss der Stuttgarter Gemeinderat daher den Bau einer Schlammverbrennungsanlage nach amerikanischem Vorbild.

Die heutige Schlammbehandlung besteht aus einer modernen Schlammfäulung mit leistungsfähigen Blockheizkraftwerken zur Verstromung des anfallenden Klärgases und einer umweltgerechten Schlammverbrennung nach dem Wirbelschichtverbrennungsverfahren.

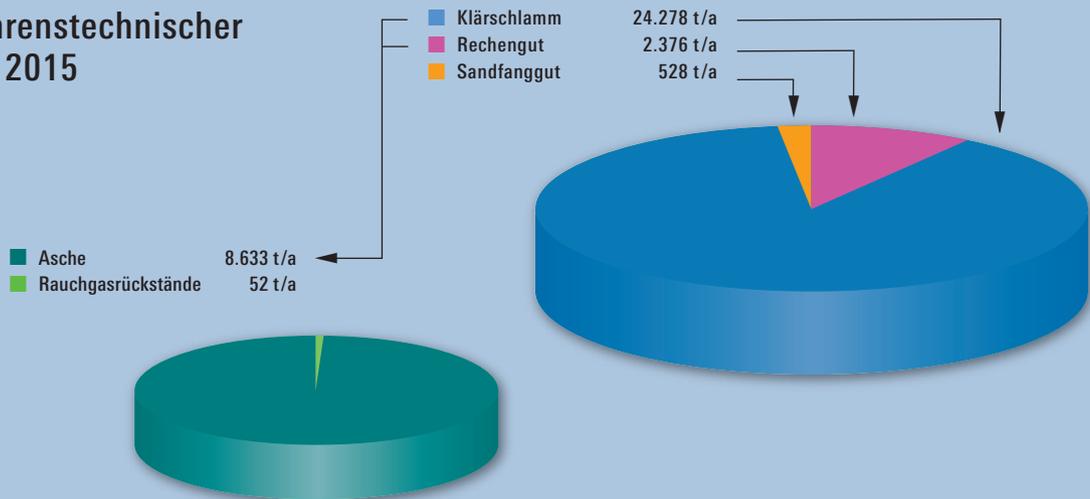
Derzeit wird in der Klärschlammverbrennung des Hauptklärwerks Mühlhausen nicht nur der Klärschlamm, sondern auch das bei der Abwasserreinigung anfallende Rechengut thermisch entsorgt. Im Jahr 2015 belief sich die verbrannte Klärschlammmenge auf 24.278 t Trockenmasse (TR). Davon entfallen 65,6 % (ca. 15.938 t TR) auf das Hauptklärwerk Mühlhausen und 14,6 % (ca. 3.550 t TR) auf die Außenklärwerke Möhringen und Plieningen sowie das Gruppenklärwerk Ditzingen. Die restlichen 19,8 % (ca. 4.790 t TR) entstammen der externen Anlieferung kommunaler Klärwerke. Die bei dieser Verbrennung entstandene Asche von 8.633 t wie auch die rund

52 t Rauchgasrückstände aus der Rauchgasreinigung wurden größtenteils in die Untertagedepotie Bad Friedrichshall transportiert und dort als Versatzstoff verwendet.

Das auf den Stuttgarter Klärwerken angefallene Rechengut von insgesamt 2.376 t wurde im Hauptklärwerk Mühlhausen und in der Müllverbrennung in Stuttgart-Münster thermisch verwertet.

Ein weiterer verfahrenstechnischer Abfall der Abwasserreinigung ist das Sandfanggut. Dieses belief sich 2015 für alle Stuttgarter Klärwerke auf 528 t und wurde zur weiteren Verwertung extern aufbereitet.

## Verfahrenstechnischer Abfall 2015



Ziel der SES ist es, zunächst zu klären, inwieweit eine Spurenstoffelimination mit adsorptiven Verfahren für das Hauptklärwerk Mühlhausen aus ökologischer und aus ökonomischer Sicht zu optimalen Ergebnissen führt. Im Zentrum der Untersuchung stehen neben der jeweiligen Adsorptionsleistung der unterschiedlichen in der Versuchsanlage eingesetzten Methoden auch Fragen nach deren Wirtschaftlichkeit und praktischer Handhabung.

Geprüft werden mehrere Verfahren: Unter anderem die bereits andernorts realisierte Vorgehensweise der separaten Einmischung von pulverisierter Aktivkohle mit anschließender Sedimentation und Abtrennung sowie das bisher nur wenig erprobte Verfahren, bei dem die Sedimentation und die Abtrennung parallel erfolgen. Auch der Einsatz von granulierter Aktivkohle zur Spurenstoffelimination wird diskutiert.

Erste Ergebnisse lassen erkennen, dass die im Abwasser vorhandenen Konzentrationen bei einigen Arzneimitteln, zu denen beispielsweise das bekannte Schmerzmittel Ibuprofen gehört, bereits in der biologischen Stufe reduziert werden. Andere Spurenstoffe wie z. B. Metoprolol (Beta-blocker) oder Diclofenac (Schmerzmittel) lagern sich an die zugegebene Aktivkohle an und können mit dieser entnommen werden. Demgegenüber lassen sich Spurenstoffe wie Amidotrizoesäure (Röntgenkontrastmittel) oder Sulfamethoxazol (Antibiotikum) weder in der biologischen Reinigung noch mit Aktivkohle vollständig aus dem Abwasser entfernen.

Diese Befunde stehen im Einklang mit bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen und verdeutlichen, dass es mit den betrachteten Methoden möglich ist, Spurenstoffe aus dem Abwasser des Hauptklärwerks Mühlhausen zu eliminieren

bzw. deren Konzentrationen effektiv zu verringern. Zusätzlich wirkt sich der vorhandene Filter, vermutlich aufgrund der dort gebildeten Biozönose, positiv auf die Reinigungsleistung aus.

In einem weiteren Schritt soll nun die wirtschaftliche Auslegung einer vierten Reinigungsstufe genauer untersucht werden. Unter anderem werden in diesem Zusammenhang verschiedene Aktivkohlemengen sowie variierende Kontaktzeiten der Aktivkohle mit dem Abwasser erprobt und Einmischung und Abtrennung der pulverisierten Aktivkohle optimal angepasst. Ziel ist es, sowohl die Aktivkohle wirtschaftlich einzusetzen als auch einen maximalen Nutzen für das Gewässer zu erzielen.

## Die Emissionswerte

Mit der Inbetriebnahme der ersten kommunalen Mono-Klärschlammverbrennung in Europa im Jahr 1962 hat das Tiefbauamt Stuttgart neue Maßstäbe für die Klärschlamm-entsorgung gesetzt. Die Anlage bestand ursprünglich aus einem Gegenstrometagenofen, der nach dem Lurgi-Schlamm-Asche-Verfahren arbeitete. Der Schlamm wurde in Zentrifugen und Vakuumfiltern entwässert und dann im Ofen verbrannt. Dabei griff man auf Heizöl als Zusatzbrennstoff zurück, da Klärgas zu jener Zeit noch günstig an die Stadt zu verkaufen war. Bald stellte sich allerdings heraus, dass weder die Zentrifugen den Ansprüchen an eine adäquate Schlammwässerung genügten, noch ein Ofen alleine den gesamten Schlammanfall bewältigen konnte. Von daher wurde 1965 ein weiterer Etagenofen einschließlich der dazugehörigen Entwässerungs- und Rauchgasentstaubungseinrichtungen in Betrieb genommen. Die Entwässerung erfolgte bei dieser nach dem Passavant-Schlamm-Asche-Verfahren arbeitenden Anlage jetzt mit Kammerfilterpressen. In den folgenden Jahren gelang es ferner durch den Bau einer Rauchgasnachverbrennungsanlage und eines Hochkamins, die Geruchsbelästigungen für die Mühlhausener Bürger auf ein erträgliches Maß zu reduzieren.

Allerdings stießen beide Öfen in den 1980er Jahren, trotz der mittlerweile vorgenommenen Verbesserungen, sowohl technisch als auch wegen des erhöhten Schlamm-aufkommens an ihre Grenzen. Zudem sah man sich aufgrund der steigenden Ölpreise gezwungen, wirtschaftlich sinnvolle Alternativen zu finden. Deshalb entschied man sich für eine vollständige Erneuerung der Anlage und den Umstieg auf eine Wirbelschichtverbrennung. Diese bestand im Wesentlichen aus den Aggregaten Wirbelschichtverbrennungsöfen, Klärschlammstriehtrockner, Abhitze-Kessel sowie Elektrofilter und nahm 1982 die Arbeit auf. Neben der Nutzung der Abwärme des Ofens zur Dampferzeugung konnte nun auch auf die Rauchgasnachverbrennung verzichtet werden. Stattdessen rüstete man die Anlage 1986 mit einer Rauchgasreinigung nach. Gleichzeitig liefen die Planungen für eine bessere Wirbelschichtverbrennungslinie. Diese wurde notwendig, da einerseits der Klärschlammfall nochmals zugenommen hatte und andererseits die gesetzlich vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte ohne umfangreiche Sanierungsarbeiten am ersten Ofen nicht mehr gesichert eingehalten werden konnten.

Heute ist bereits die dritte Generation von Wirbelschichtöfen nun sogar mit einer Dampfturbine zur Stromerzeugung im Hauptklärwerk Mühlhausen in Betrieb. Die Verbrennungsanlage wie auch die Rauchgasreinigung werden ständig auf dem neuesten Stand der Technik gehalten. Letzteres spiegelt sich in den guten Emissionswerten der beiden zur Zeit aktiven Verbrennungslinien, dem Wirbelschichtofen 2 (WSO 2) und dem Wirbelschichtofen 3 (WSO 3) wider. So konnten 2015 bei den jährlich diskontinuierlich vorgenommenen Emissionseinzelmessungen die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten und mit Ausnahme von Chlorwasserstoff sogar deutlich unterschritten werden (vgl. Tabelle unten links).

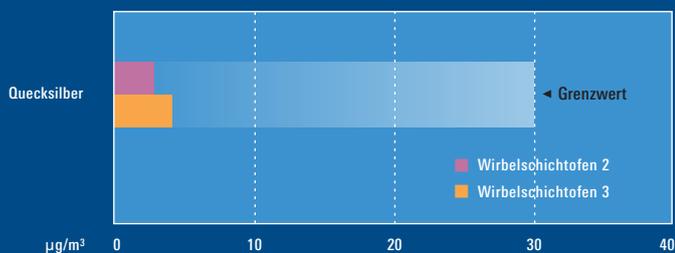
Ein sehr gutes Ergebnis ist zudem für die im Jahr 2015 durchgeführten kontinuierlichen Emissionsmessungen der Parameter Stickoxid, Gesamt C, Staub, Kohlenmonoxid und Quecksilber gegeben. Der aus den Halbstundenwerten errechnete Jahresdurchschnitt unterschreitet für alle Parameter den Grenzwert um mindestens 60%. Für den WSO 3 liegt für die Schadstoffe Stickoxid, Schwefeldioxid, Gesamt C und Kohlenmonoxid sogar eine Unterschreitung von über 90% vor.

### Jahresmittelwerte 2015 aus kontinuierlichen Einzelmessungen

	Einheit	Grenzwert	Wirbelschichtofen 2	Wirbelschichtofen 3
Stickoxid	mg/m <sup>3</sup>	100	39,51	26,41
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	50	5,91	3,21
Gesamt C	mg/m <sup>3</sup>	10	2,03	0,10
Staub	mg/m <sup>3</sup>	10	1,00	0,25
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	50	6,32	3,61



	Einheit	Grenzwert	Wirbelschichtofen 2	Wirbelschichtofen 3
Quecksilber	µg/m <sup>3</sup>	30	4,97	6,89



### Halbstunden-Mittelwerte und -Maxima 2015 aus diskontinuierlichen Einzelmessungen

	Einheit	Grenzwert	WSO 2	WSO 3	WSO 2	WSO 3
			Mittelwerte		Maximalwerte	
Cd + Ti	mg/m <sup>3</sup>	0,03	n. n.*	n. n.	n. n.	n. n.
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,0038	0,1243	0,01	0,2
As, B(a)P, Cd, Co, Cr	mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,0006	0,0031	0,001	0,0081
Dioxine/ Furane	ng TE/m <sup>3</sup>	0,1	0,0002	0,002	0,0002	0,0028
Fluorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	1	< 0,1	n. n.	< 0,1	n. n.
Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	10	5,99	2,2	12,3	3,4

\* nicht nachweisbar