

UMWELTBERICHT

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART | TIEFBAUAMT | STADTENTWÄSSERUNG

2017



INHALT

	VORWORT	Seite 3
GEWÄSSERSCHUTZ	01 EIN BIOTOP GERÄT AUS DEM GLEICHGEWICHT RETTUNG FÜR DEN MAX-EYTH-SEE	Seite 4
	02 STETS AUF HÖCHSTEM NIVEAU EINE OPTIMALE REINIGUNGSLEISTUNG SICHERT DIE GEWÄSSERGÜTE	Seite 8
	03 PHOSPHOR EFFEKTIV ELIMINIEREN NEUE FÄLLMITTELSTATIONEN AUF DEM HAUPTKLÄRWERK MÜHLHAUSEN	Seite 10
	04 REGENWASSER TRENNEN UND BEWÄLTIGEN NEUE REGENÜBERLAUFKANÄLE SCHONEN DIE GEWÄSSER	Seite 12
	05 MIT HIGHTECH UND 360° DURCH DEN KANAL REGELMÄSSIGE INSPEKTIONEN DES KANALNETZES	Seite 14
ENERGIE	06 EIN KRITISCHER BLICK AUF DEN STROMVERBRAUCH ENERGIEANALYSE IM KLÄRWERK MÖHRINGEN	Seite 16
	07 LED-LEUCHTEN AUF DEM VORMARSCH STROM SPAREN MIT MODERNEN UND INTELLIGENTEN LICHTSYSTEMEN	Seite 18
SAUBERE LUFT	08 LUFTQUALITÄT UNTER KONTROLLE FORTLAUFENDE EMISSIONSMESSUNGEN ZUM SCHUTZ DER UMWELT	Seite 20
	09 STUTTGARTER PLATTE GEGEN STICKSTOFFOXIDE EIN BEITRAG ZUR STADTGESTALTUNG UND LUFTREINHALTUNG	Seite 22
BODEN	10 VOM KLÄRSCHLAMM BIS ZUR ASCHE UMWELTGERECHTE ENTSORGUNG DES VERFAHRENSTECHNISCHEN ABFALLS	Seite 24
	11 ALTLASTEN GEFÄHRDEN DAS GRUNDWASSER SANIERUNGSMASSNAHMEN AUF DEM KRAFTWERKSGELÄNDE GAISBURG	Seite 26
IN EIGENER SACHE	12 SICHERHEIT IST OBERSTES GEBOT RICHTLINIEN FÜR DEN UMGANG MIT GEFÄHRLICHEN STOFFEN	Seite 28
	13 UNSER LANGFRISTIGES ENGAGEMENT INFORMATIONEN NACH AUSSEN UND NACH INNEN	Seite 30

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

was müssen wir für eine lebens- und bürgerfreundliche Umwelt in Stuttgart tun? Das Tiefbauamt und die Stadtentwässerung Stuttgart haben in den vergangenen Jahren viele Impulse gesetzt, um unsere Umwelt zu erhalten oder zu verbessern. Im vorliegenden Umweltbericht wollen wir Ihnen eine Auswahl von Maßnahmen und Projekten vorstellen.

Die Eutrophierung und ein übermäßiges Algenwachstum an gehäuften heißen Sommertagen führt in unseren Gewässern dazu, dass sich der Lebensraum für Fische und Pflanzen auf Grund des entstehenden Sauerstoffdefizits verschlechtert. Am Max-Eyth-See und in den Klärwerken wird dieses Thema aktiv angegangen.

Ebenso ist die Wasserqualität und -menge eine weitere wichtige Voraussetzung für lebenswerte Gewässer. Die Regenwasserbehandlungsanlagen trennen das Regenwasser vom Schmutzwasser ab und führen das Regenwasser unseren Flüssen und Bächen zu. Hierzu wurden im Stadtgebiet neue imposante Stauraumkanäle gebaut. Gleichzeitig wollen wir heute und in der Zukunft sicherstellen, dass unsere Kanäle das Abwasser sicher zu den Klärwerken leiten. Da viele Kanäle schon seit Jahrzehnten oder sogar über ein Jahrhundert existieren, muss deren Zustand regelmäßig durch Kanalinspektionen überprüft werden. Dies ist eine besondere Herausforderung für Mensch und Maschine im Stuttgarter Stadtgebiet.

Umweltschutz bedeutet auch Ressourcen zu schonen. Durch regelmäßige Analysen des Energiebedarfs der Klärwerke und den Einsatz moderner Technik in der Stuttgarter Infrastruktur kann der Stromverbrauch effektiv gesenkt werden. Dazu finden Sie im vorliegenden Umweltbericht entsprechende Projekte. Die Infrastruktur kann sogar aktiv die Verbesserung der Luftqualität unterstützen. Ein wichtiger Beitrag ist die mit Titandioxid hergestellte „Stuttgarter Platte“ in der Fußgängerzone, um Stickstoffoxide abzubauen, sowie die Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED-Lampen.

Unter dem Aspekt unbewohnbares Gelände wieder attraktiv zu gestalten und Grundwasser zu schützen, werden in Stuttgart belastete Flächen aufwendig saniert und wieder neu genutzt. Ein Beispiel ist die Sanierung des Kraftwerksgeländes in Gaisburg.

Auch aus dieser Erfahrung heraus ist heute ein sicherer und sparsamer Einsatz von Gefahrstoffen auf den Betriebsstätten des Tiefbauamts selbstverständlich. Dies zeigt unser gelebtes Gefahrstoffmanagement, in dem wir den Einsatz von Gefahrstoffen regelmäßig hinterfragen.

Nach dem alten Stuttgarter Motto „zu Lande, zu Wasser und in der Luft“ sorgt die Stadtentwässerung Stuttgart gemeinsam mit dem Tiefbauamt für eine lebenswerte Umwelt. Nachhaltige und wirtschaftliche Maßnahmen zum Wohle der Allgemeinheit tragen heute und in der Zukunft zu einer positiven Stadtentwicklung bei. Wir würden uns freuen, wenn Sie durch diesen Bericht inspiriert werden, sich aktiv am Umweltschutz zu beteiligen.

Ihr Ekkehardt Schäfer, Boris Diehm und Jürgen Mutz



Ekkehardt Schäfer
Abteilungsleiter Entwässerung

Boris Diehm
Abteilungsleiter Klärwerke
und Kanalbetrieb

Jürgen Mutz
Abteilungsleiter
Bauabteilung Mitte/Nord,
Gewässer und Altlasten

01

EIN BIOTOP GERÄT AUS DEM GLEICHGEWICHT

RETTUNG FÜR DEN MAX-EYTH-SEE

Auf Stuttgarter Gemarkung befinden sich 65 Stillgewässer, davon 16 Seen mit einer Fläche größer 5.000 m². 14 Seen sind mit einer Wasserfläche von rd. 44 ha in der Verwaltung des Tiefbauamts. Die Seen sind bei der Bevölkerung sehr beliebt, da sie einen hohen Freizeitwert besitzen und der Naherholung dienen. Zusätzlich haben die Gewässer eine große Bedeutung für Biotop- und Artenschutz, weil sie Tieren und Pflanzen einen geschützten Lebensraum bieten.





Feuerwehr und THW belüften an mehreren Stellen den See.



■ **Oase inmitten der Großstadt**

Der größte See im Stuttgarter Stadtgebiet ist der Max-Eyth-See. Idyllisch zwischen Stuttgart-Hofen und Stuttgart-Mühlhausen unterhalb der Weinberge gelegen, besitzt er eine Wasserfläche von 17 ha und ist rund 600 m lang und 350 m breit. Er entstand in den 1920er Jahren bis in die 1940er Jahre hinein durch Kiesabbau und bei der Kanalisierung des Neckars. Seinen Namen erhielt er 1936 von dem schwäbischen Ingenieur und Schriftsteller Max Eyth (1836–1906) zu dessen 100. Geburtstag. Der Max-Eyth-See mit seinen großzügigen Rasenflächen lädt zum Spaziergehen, Picknicken, Tretbootfahren oder Angeln ein. Das Gelände wurde 1961 unter Landschaftsschutz gestellt.

Wie alle Stuttgarter Seen ist auch der Max-Eyth-See ein künstlich angelegtes Flachgewässer mit hoher Nährstoffverfügbarkeit im Wasser und im Sediment. Dies kann in Schönwetterperioden mit wenig Niederschlag und hohen Temperaturen zu einer starken Algenentwicklung führen. Steht den Algen allerdings aufgrund einer veränderten Wetter-

lage mit einer tagsüber eingeschränkten Sonneneinstrahlung nachts nicht mehr genügend Sauerstoff zur Verfügung, sterben sie ab und entziehen dem Wasser Sauerstoff, so dass es zu einer Gefährdung des Fischbestands kommen kann. Daher wurde zur Verbesserung der Wasserqualität bereits 2011 die Verbindung des Max-Eyth-Sees zum Neckar ge-

schlossen, eine Zuleitung von nährstoffarmen Quellwasser angelegt und eine Sedimentkonditionierung (Nährstofffällung) durchgeführt. Zwar hat sich die Wasserqualität durch die vorgenommenen Maßnahmen nachweislich verbessert, das Algenproblem und der dadurch verursachte Sauerstoffmangel bestanden aber bei ungünstigen Wetterlagen weiter.



Die Kontrolle der Sauerstoffwerte im See erfolgt mit dem Boot.



Der Max-Eyth-See ist ein wichtiges Naherholungsgebiet für die Stuttgarter Bevölkerung. Daher sind der Zustand des Sees und die Wasserqualität ein großes Anliegen.



Zu wenig Sauerstoff

Eine ungünstige Wetterlage führte dann auch Anfang September 2015 zu einem lokalen Fischsterben im Max-Eyth-See. Durch den witterungsbedingten Zusammenbruch der Algenpopulation war es zu einem starken Rückgang der Sauerstoffwerte im See gekommen.

Als eine erste Gegenmaßnahme erfolgte eine umfangreiche Notbelüftung des Sees durch die Feuerwehr und das Technische Hilfswerk (THW). So wurde an mehreren Stellen Wasser aus dem See gepumpt und als Freistrahл erneut in das Seewasser eingespritzt, um das Wasser mit Sauerstoff anzureichern.

Die Deutsche Lebensrettungsgesellschaft (DLRG) und der Württembergische Anglerverein unterstützten die Aktion tatkräftig.

Diese Notmaßnahmen wurden zwei Tage aufrecht erhalten, ergaben allerdings nur an den Einleitungsstellen etwas höhere Sauerstoffwerte. Deshalb entschloss man sich, Neckarwasser, das zu der Zeit einen deutlich höheren Sauerstoffgehalt aufwies, in den See zu leiten. Zwar stieg dadurch auch der Nährstoffgehalt im See, der Verbesserung des Sauerstoffhaushalts wurde aber eine höhere Priorität eingeräumt.

Die Zuleitung von sauerstoffreichem Neckarwasser erzielte mit Abstand

die beste Wirkung und führte rasch zu einer wesentlichen Verbesserung (siehe Diagramm). Messungen ergaben, dass damit der Sauerstoffgehalt im Seewasser von anfänglich 1 mg/l am 3. September 2015 großflächig und in allen Wassertiefen auf über 7 mg/l am 5. September gesteigert werden konnte.

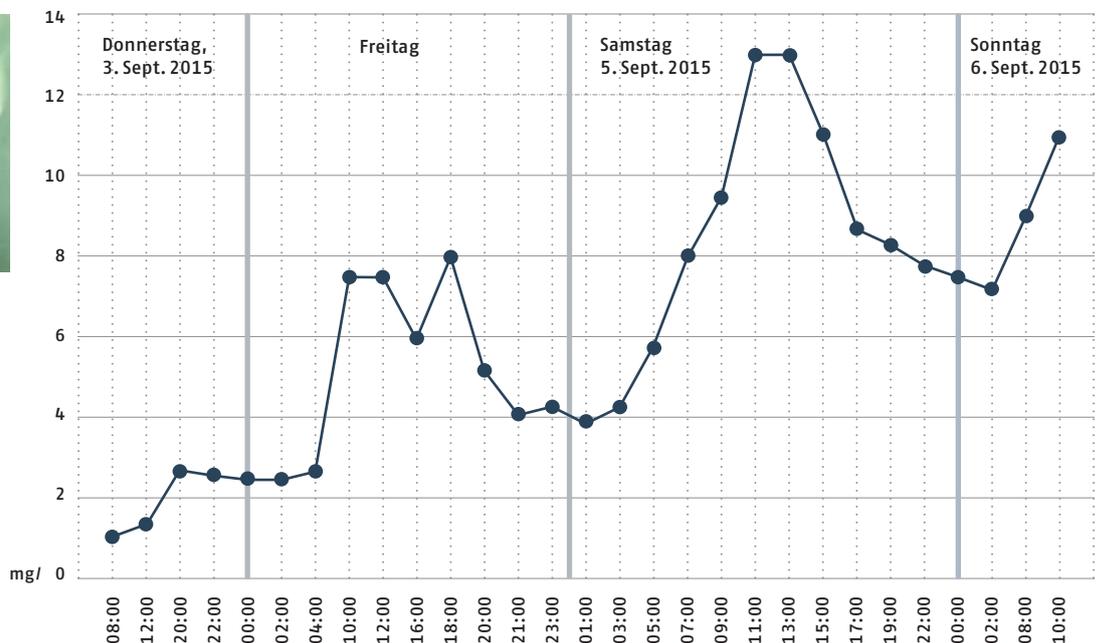
Auch der einsetzende Wind und die zurückgehenden Temperaturen sorgten für einen zusätzlichen Eintrag von Sauerstoff. Aufgrund der positiven Entwicklung konnte der Fischbestand weitgehend erhalten werden. Nur ca. 400 kg verwendete Fische wurden entnommen und entsorgt.

Mit Hilfe von Großpumpen des THW (links) wurde Neckarwasser in den See geleitet (rechts).



Ca. 400 kg Fische mussten entsorgt werden.

Entwicklung des Sauerstoffgehalts im Max-Eyth-See, September 2015





Ein Gutachter hat die Entwicklung der Wasserqualität seit den Sanierungsmaßnahmen sowie den Ereignissen im Jahr 2015 untersucht. Die Empfehlungen für den Max-Eyth-See lauten:

1. Der Zufluss von nährstoffreichem Wasser aus dem Neckar muss weiterhin unterbunden werden.
2. Durch erneute Sedimentkonditionierung soll der Nährstoffgehalt im See weiter gesenkt werden.
3. Der Zufluss von nährstoffarmem Quellwasser soll fortgeführt werden.
4. Durch einen angepassten Fischbesatz soll ein Fraßdruck auf die Algen erhöht werden.



Links: Ausbringen eines Fällmittels zur Nährstoffreduzierung.

Rechts: Kollegen der SES unterstützen beim Einbau des Schotts.



■ Weitere Maßnahmen

Im Frühjahr 2016 wurde eine weitere Sedimentkonditionierung vorgenommen. Zudem ergab eine Überprüfung der Schleuse zum Neckar, dass Undichtigkeiten vorhanden sind. Daher wurde Anfang 2017 seeseitig ein zusätzliches Schott im Schleusenbereich eingebracht.

Allerdings wird sich das plötzliche witterungsbedingte Absinken des Sauerstoffgehalts auch in Zukunft nicht gänzlich verhindern lassen. Technische Vorrichtungen, die dem See in ungünstigen Phasen Sauerstoff zuführen, könnten diesem aber

entgegenwirken. Eine solche Möglichkeit wird vom Tiefbauamt Stuttgart derzeit geprüft. Darüber hinaus wird untersucht, ob durch die Ansiedelung von Wasserpflanzen in Teilen des Sees eine Verbesserung des Gütezustandes möglich ist.

■ Fazit

Zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserqualität muss das Tiefbauamt immer häufiger in das natürliche Gewässerregime eingreifen. Neben einer engmaschigen Überwachung der Seen werden künftig vermehrt Maßnahmen zur Nährstoffreduzierung

oder Noteinsätze mit Feuerwehr oder Technischem Hilfswerk erforderlich sein. Dauerhaft angelegte Maßnahmen wie die Zufuhr von Quellwasser oder das Einbringen von Schilf- und Unterwasserpflanzen verbessern die Situation, erzeugen aber einen hohen pflegerischen und damit finanziellen Aufwand. Das Ziel muss jedoch sein, den Max-Eyth-See wie auch die anderen Stuttgarter Seen als Naherholungsgebiete zu erhalten und die vorhandenen Fischpopulationen zu sichern.

02

STETS AUF HÖCHSTEM NIVEAU

EINE OPTIMALE REINIGUNGSLEISTUNG
SICHERT DIE GEWÄSSERGÜTE

Um gereinigtes Abwasser in Gewässer einleiten zu können, benötigen Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen eine wasserrechtliche Erlaubnis. Diese wird für die Stuttgarter Klärwerke in Form des Wasserrechtsbescheids vom Regierungspräsidium Stuttgart als obere Wasserbehörde erteilt. Eine einstweilige Bewilligung wird ausgestellt, wenn der Betreiber nachweist, dass alle gesetzlichen Auflagen erfüllt werden und die Anlage dem aktuellen Stand der Technik entspricht.



■ Wasserrechtsbescheid

Der aktuelle Wasserrechtsbescheid für das Hauptklärwerk Mühlhausen gilt seit Januar 2015. Darin wurde dem Hauptklärwerk eine unbefristete Erlaubnis zur Einleitung des gereinigten Abwassers in den Neckar erteilt. Der Bescheid ersetzt auch alle seit 1996 ausgestellten Änderungsbescheide, die beispielsweise im Zusammenhang mit dem Betrieb und der Erweiterung der biologischen Reinigungsstufe oder dem Vollzug der EG-Wasserrahmenrichtlinie notwendig geworden waren. Neben den – entsprechend dem Abwasserabgabegesetz – maximal erlaubten Schadstoffkonzentrationen im Ablauf des Klärwerks enthält der Bescheid auch detaillierte Vorgaben bezüglich des Betriebs der Anlage, der Energieeffizienz, der Annahme von Fremdstoffen und des vorgeschriebenen Lärmrichtwerts. Dem Regierungspräsidium Stuttgart ist darüber hinaus jährlich ein Bericht vorzulegen, der die relevanten

Werte für die Bereiche Reinigungsleistung, Energie, Fremdwasser, Mischwasserbehandlung und Fremdstoffannahme enthält.

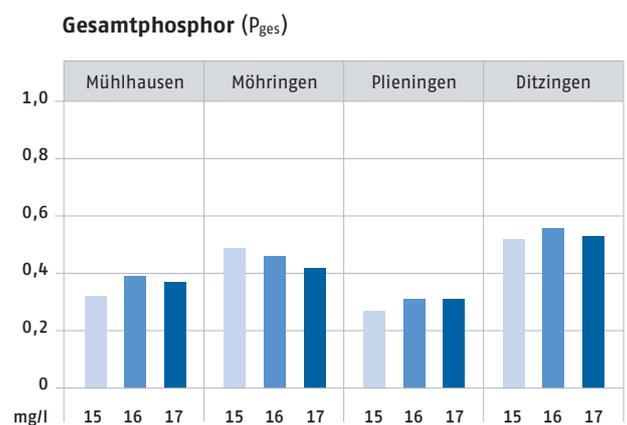
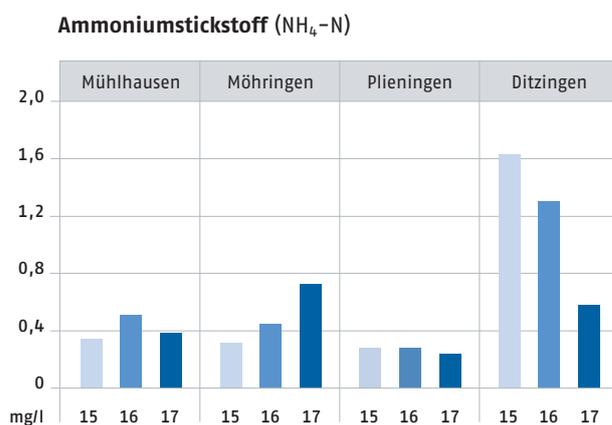
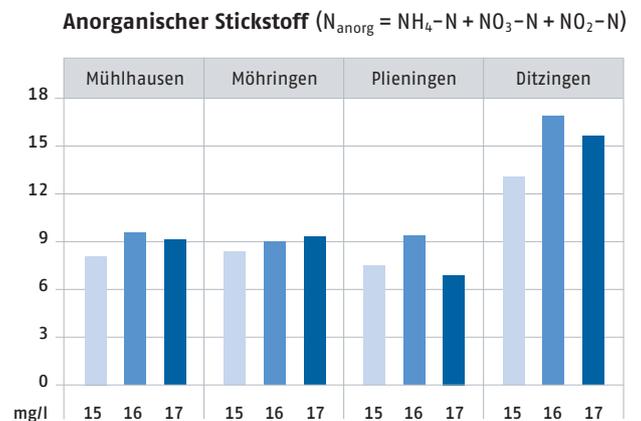
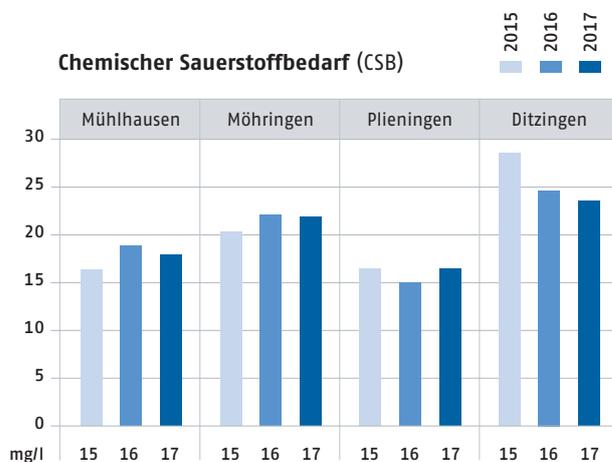
Die Außenklärwerke Möhringen und Plieningen erhielten letztmalig in den Jahren 2011 neue Änderungsbescheide. Für das Gruppenklärwerk Ditzingen wird ein neuer Wasserrechtsbescheid nach der Fertigstellung des Umbaus beantragt.

■ Leistungsvergleich

Neben den in den Wasserrechtsbescheiden ausgewiesenen Grenzwerten gelten die anhand des DWA-Leistungsvergleichs errechneten Kennwerte als weiteres Kriterium für die Güte der Abwasserreinigung. Die Abbildungen geben für die Stuttgarter Klärwerke die in den Jahren 2015 bis 2017 erzielten Kennwerte für die Schmutzparameter CSB, $\text{NH}_4\text{-N}$, N_{anorg} und P_{ges} wieder. Der Kennwert errechnet sich aus dem gewichteten Mittelwert der anhand von 24 h-Mischproben

ermittelten Ablaufkonzentrationen eines Jahres und ist auch ein Indikator für die Restkonzentration des Parameters im Abwasser.

Sowohl für das Hauptklärwerk Mühlhausen als auch für die Klärwerke Möhringen und Plieningen kann seit Jahren eine sehr gute Reinigungsleistung erreicht werden. So liegt die Restkonzentration für alle Parameter konstant im geringen oder sehr geringen Bereich. Die für das Gruppenklärwerk Ditzingen in den Jahren 2015 und 2016 zu erkennenden erhöhten Ablaufwerte lassen sich darauf zurückführen, dass Teile der mechanischen und biologischen Reinigungsstufe anlässlich einer grundlegenden Sanierung des Klärwerks zeitweise außer Betrieb genommen wurden. Nach Abschluss der Erneuerungs- und Erweiterungsmaßnahmen ist von einer deutlichen Verbesserung der Ablaufwerte auszugehen, die sich für Ammoniumstickstoff bereits für das Jahr 2017 beobachten lässt.



03

PHOSPHOR EFFEKTIV ELIMINIEREN

NEUE FÄLLMITTELSTATIONEN AUF DEM HAUPTKLÄRWERK MÜHLHAUSEN

Jeder Organismus benötigt Phosphor. Auch für Pflanzen stellt er einen essentiellen Nährstoff für das Wachstum dar. Eine erhöhte Phosphor-Konzentration in Gewässern wirkt allerdings eutrophierend, d. h. das Algenwachstum wird unverhältnismäßig stark gesteigert. Im Extremfall kann dies zu einem Sauerstoffmangel im Wasser mit tödlichen Folgen für Fische und andere Wasserorganismen führen. Neben diffusen Einträgen und Mischwasserentlastungen sind die hohen Phosphor-Konzentrationen in unseren Fließgewässern auch auf Kläranlagenabläufe zurückzuführen.



■ Wasserrahmenrichtlinie

Mit der im Jahr 2000 in Kraft getretenen europäischen Wasserrahmenrichtlinie werden über Landesgrenzen hinweg einheitliche Standards im Gewässerschutz für alle Flussgebiete angestrebt. Das Ziel ist „einen guten ökologischen Zustand“ zu erreichen. Zwar hat sich die Wasserqualität des Neckars durch den Ausbau der Kläranlagen in den letzten Jahren schon deutlich verbessert, der Abschnitt zwischen Mannheim und Plochingen zeichnet sich jedoch nach wie vor durch hohe Nährstoffkonzentrationen in Form von Phosphorverbindungen aus. Deshalb sollen die im Neckareinzugsgebiet auf allen großen Kläranlagen bestehenden Phosphoreliminationsverfahren optimiert werden.

■ Neue Fällungsstrategie

Im Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen wird Phosphor in den beiden parallel betriebenen biologischen Reinigungsstufen derzeit sowohl biologisch als auch chemisch eliminiert. Dabei wird die „normale“ biologische Phosphoraufnahme durch die Mikroorganismen während ihres Wachstums durch eine „vermehrte“ biologische Phosphorelimination unterstützt. Diese wird erreicht, in dem die Mikroorganismen durch ein der biologischen Stufe vorgeschaltetes Anaerobbecken, in denen ihnen kein Sauerstoff zur Verfügung steht, zunächst in eine „Hungersituation auf Phosphor“ gebracht werden. Durch die anschließende erneute Zufuhr von Sauerstoff in der biologischen Stufe werden sie entsprechend zu einer vermehrten Phosphoraufnahme veranlasst.



Innenraum der Fällmittelstation am Sandfilter. Zu sehen sind die beiden Dosierpumpen (blau) und dahinter die beiden Reserveplätze zur Erweiterung.

Ergänzt wird die biologische Phosphorelimination durch die chemische Phosphatelimination, d. h. die Fällung mit Metallsalzen. Derzeit wird Eisensalz eingesetzt. Damit können die in der 2 h-Probe geforderten Werte von 0,80 mg/l P_{ges} und die im Jahresmittel zu erfüllenden 0,40 mg/l P_{ges} im Ablauf eingehalten werden.

Um die Phosphorkonzentration im Ablauf des Hauptklärwerks weiter zu senken und damit zur Verbesserung der Wasserqualität des Neckars beizutragen, wurde von der Stadtentwässerung Stuttgart beschlossen, von einer Ein- zu einer Zwei-Punkt-Fällung zu wechseln.

Zukünftig kann nicht nur in den Ablauf der Belebungsbecken, sondern auch in den Zulauf des Sandfilters dosiert werden. Dadurch wird die chemische Phosphatelimination

an zwei Stellen des Abwasserreinigungsprozesses möglich und die Elimination verbessert.

■ Praktische Umsetzung

Nicht nur die räumliche Anordnung der alten Fällmitteldosierstation an der biologischen Stufe BKA01 war für die geplante Fällungsoptimierung ungünstig. Auch die Anlagentechnik war veraltet. Daher wurden drei neue dezentrale Fällmitteldosierstationen mit Lagerbehältern, Dosiereinrichtungen, Räumlichkeiten für die E-/MSR-Technik sowie teilweise neuen Dosierstellen errichtet. Sie befinden sich an den beiden biologischen Stufen sowie direkt vor dem Sandfilter.

■ Ein Blick in die Zukunft

Durch die optimale Ausnutzung des Fällmittels, einer übergeordneten intelligenten Regelung der Fällmitteldosierstationen und einer zweiten Dosierstelle im Abwasserstrom wird eine nachhaltigere Stabilität des Ablaufwerts bei einer deutlich niedrigeren P_{ges} -Konzentration erreicht. Außerdem sind Einsparungen im Fällmittelverbrauch zu erwarten.

Aufgrund dieser Maßnahmen sowie der anstehenden Umrüstung der vorhandenen Sandfilteranlage in eine Flockungsfiltration werden nach der Inbetriebnahme für P_{ges} im Jahresmittel 0,30 mg/l angestrebt. Der Überwachungswert wird nach Fertigstellung des Flockungsfilters auf 0,42 mg/l festgesetzt.

Belebungsbecken der biologischen Stufe BKA01 mit der neuen Fällmittelstation.



04

REGENWASSER TRENNEN UND BEWÄLTIGEN

NEUE REGENÜBERLAUFKANÄLE SCHONEN DIE GEWÄSSER

Damit das Stuttgarter Mischwassersystem auch bei starkem und anhaltendem Regen reibungslos und umweltfreundlich funktioniert, müssen die Kanäle entsprechend groß dimensioniert sein. Allerdings wären im hügeligen Stuttgart bei unwetterartigen Regenereignissen enorm große, nicht mehr zu realisierende Kanäle erforderlich. Von daher setzt die Stadtentwässerung Stuttgart auf eine gut funktionierende Regenwasserbehandlung.



Der zwölf Meter tiefe Absturzschacht wird in der Baugrube zusammengesetzt. Hier erfolgt der Einbau des Schachtunterteils.



Der Rohreinbau geschieht, ohne dass sich im Rohrgraben eine Person aufhält. Das Rohraufleger wird vorher durch spezielle Technik von außerhalb durch den Bagger vorbereitet.

Vorgefertigte Rohre mit einem Gerinne als Drachenprofil aus glasfaserverstärktem Kunststoff lagern entlang der Bautrasse und „warten“ auf den Einbau.

Einstiegs- und Montageöffnung: Diese dient dazu, die entsprechende Technik ohne Komplikation ins Bauwerk zu bringen sowie schnell und sicher bei Wartungsarbeiten an die Technik zu gelangen.

■ **Anforderungen**

Die Regenwasserbehandlung ermöglicht es, das erste stark verschmutzte Niederschlagswasser, den sogenannten Schmutzstoß, von dem später nachfolgenden, vergleichsweise „sauberen“ Niederschlagswasser zu trennen. Sie vermindert somit den Schmutzfrachteintrag in die Stuttgarter Gewässer und „puffert“ nebenbei den Schmutzwasserabfluss so, dass er von den Klärwerken auch bewältigt werden kann. Entsprechend den Vorgaben der europäischen Wasser-rahmenrichtlinie ersetzt die Stadtentwässerung Stuttgart möglichst viele ältere, nicht mehr den heutigen Anforderungen an die Regenwasserbehandlung entsprechende Regenüberläufe durch moderne Regenüberlaufkanäle. Diese stellen eine sinnvolle Alternative zu den konventionellen Regenüberlaufbecken dar.

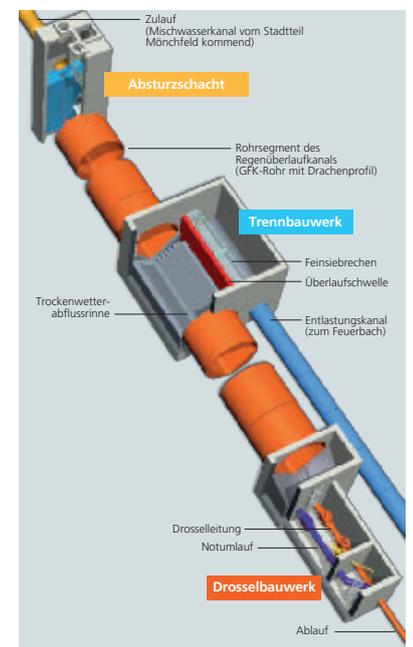
■ **Aufbau und Funktion**

Regenüberlaufkanäle bestehen im Wesentlichen aus einem Trennbauwerk, einem Stauraumkanal und einem Drosselbauwerk. Im Trennbauwerk wird das unbelastete Regenwasser abgetrennt. Das Drosselbauwerk drosselt den Schmutzwasserabfluss so, das sich bei Regen der Stauraumkanal einstaut. Erst wenn dieser vollgelaufen ist, fließt das nachfolgende, saubere Regenwasser im Trennbauwerk über eine Überlaufschwelle in das naheliegende Gewässer (siehe Schema).

■ **Regenüberlaufkanäle**

Bereits in den Jahren 2013 bis 2015 wurden die Regenüberlaufkanäle (RÜK) Eschbach, Schwendestraße und Hohlgraben fertiggestellt. Im Sommer 2016 konnten im Einzugsgebiet des Feuerbachs zusätzlich mehrere Regenüberläufe durch den Bau des Regenüberlaufkanals Kirchberg stillgelegt werden. Ebenfalls im Einzugsgebiet des Feuerbachs ist im Jahr 2017 der Regenüberlaufkanal Mönchfeldstraße entstanden. Im Einzugsgebiet der Körsch ist zudem der RÜK Eichenhain im Bau, der drei Regenüberläufe ersetzen wird und voraussichtlich im Sommer 2018 in Betrieb genommen werden kann.

■ **Schema Regenüberlaufkanal Mönchfeldstraße**



■ **Fazit**

Regenüberlaufkanäle im Mischwasser-Netz tragen maßgeblich zum Gewässerschutz bei. Gerade beim Feuerbach, der durch die Regenüberlaufkanäle von einem stark abwasserbelasteten zu einem biologisch lebendigen Bach aufgewertet wurde, spiegelt sich dieser positive Effekt deutlich wider.

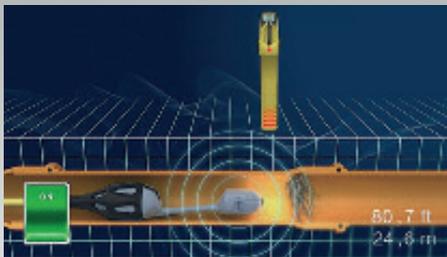
Regenüberlaufkanäle (RÜK) in Stuttgart

	Name	Volumen	Länge	Durchmesser	Zufluss	Drosselabfluss	Vorfluter
5F38	Mönchfeldstraße	650 m³	105 m	3000 mm	3560 l/s	27 l/s	Feuerbach
5F32	Eschbach	300 m³	50 m	2800 mm	3240 l/s	23 l/s	Feuerbach
5F31	Kirchberg	600 m³	220 m	2000 mm	4830 l/s	120 l/s	Feuerbach (Bisachgraben)
5F30	Hohlgraben	340 m³	58 m	2800 mm	4300 l/s	15 l/s	Feuerbach
5L08	Schwendestrasse	585 m³	187 m	2000 mm	1845 l/s	31 l/s	Katzenbach
5K32	Eichenhain	350 m³	100 m	2300 mm	3300 l/s	60 l/s	Kleinhohenheimer Bach
5K09	Im Schießgärtle	560 m³	150 m	2500 mm	3500 l/s	29 l/s	Körsch
5F21	Stadtbad	600 m³	90 m	5100/2700 mm	3880 l/s	30 l/s	Feuerbach

05

MIT HIGHTECH UND 360° DURCH DEN KANAL

REGELMÄSSIGE INSPEKTIONEN
DES KANALNETZES



Abbiegen im Kanal – mit einer Satellitenkamera kein Problem. Diese noch neue Technik soll im Kanalbetrieb für die Verlaufvermessung von Anschlusskanälen eingesetzt werden.

Die Eigenkontrollverordnung des Landes Baden-Württemberg (EKVo) legt fest, dass öffentliche Kanäle, Schächte und Schachtbauwerke alle 10 Jahre und Regenwasserkanäle alle 15 Jahre zu überprüfen sind. Die Ergebnisse sind vom Betreiber des Kanalnetzes zu dokumentieren, wobei der Inspektion zusätzlich eine Kanalreinigung vorausgehen muss.

■ Inspektion und Vermessung

Das Stuttgarter Kanalnetz hat eine Länge von ca. 1.790 km. Dazu kommen ca. 45.000 Schachtbauwerke und geschätzte 160.000 Anschlusskanäle. Um die geforderten Inspektionen systematisch durchführen zu können, wurde das Stadtgebiet Stuttgart von der Stadtentwässerung Stuttgart in verschiedene Abschnitte eingeteilt. Dieses Vorgehen garantiert, dass innerhalb des 10-Jahres-Rhythmus jeder Kanal/Schacht einmal inspiziert wird.

Zur Zeit wird in Stuttgart bereits die dritte Routineinspektion vorgenommen. Dazu wird eine spezielle Kamera auf einem Fahrwagen durch den Kanal geführt. Die Kamera wird von einem sich außerhalb des Kanals befindlichen Inspekteur gesteuert und erstellt hochauflösende Detailfotos und Videos vom Kanalinneren.

Dies ermöglicht es, Schäden am Kanal wie beispielsweise aufgetretene Risse genau zu vermessen. Damit auch die kleinsten öffentlichen Kanäle, welche in der Regel

zu Gebäuden führen, untersucht werden können, wird auf Satellitenkameras zurückgegriffen. Diese werden vom Hauptkanal automatisch in die kleineren Anschlusskanäle eingebracht und liefern ebenfalls qualitativ hochwertige Fotos und Videos.

■ Lückenlose Untersuchung

Standardisierte Schachtbauwerke können mit einem 3D-Scanner, der über zwei Digitalkameras verfügt, erfasst werden. Der Scanner wird zunächst mit einer Seilwinde bis zum Grund des Schachtes herabgelassen. Beim anschließenden Hochziehen werden im Zentimeterabstand Rundumfotos geschossen. Im Gegensatz zu dem von einer Schwenkkopfkamera erstellten Video, bei dem nur der zur Zeit der Aufnahme betrachtete Bildausschnitt gespeichert ist, erlaubt eine mit der Fisheye-Kamera verbundene spezielle Betrachtungssoftware eine lückenlose Schachtinspektion. Der mit der Untersuchung beauftragte Inspekteur kann an jeder Position des Schachts anhalten, 360° schwenken, zoomen und Standfotos speichern.

■ Dokumentation

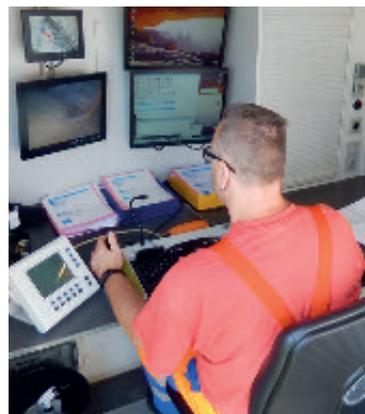
Die bei der Kanal- und Schachtinspektion erhobenen Daten, Videos und Fotos werden in einem Geo-Informationssystem gespeichert. Auf dieses kann das für die Kanalsanierung zuständige Ingenieurbüro zugreifen, so dass Schäden schnell begutachtet und kategorisiert werden können sowie gegebenenfalls



eine Sanierungsplanung erstellt werden kann. Und je früher ein Schaden entdeckt wird, desto früher kann er auch behoben werden. Dem zuständigen Inspekteur obliegt es daher, alle beobachteten Unregelmäßigkeiten sorgfältig zu dokumentieren, damit dem Umweltschutz und dem Wohl des Bürgers und seiner Gesundheit Rechnung getragen wird. Die Inspektion dient aber auch der Sicherheit der Kanalmitarbeiter der Stadtentwässerung Stuttgart, sofern der Inspekteur Schäden an den Einrichtungen eines Schachtes feststellt, welche zu Personenschäden führen könnten wie zum Beispiel defekte Steigeisen.

■ Abnahme und Gewährleistung

Zusätzlich haben die Inspektoren, welche die Kamera bedienen, noch andere Aufgaben. So müssen beispielsweise nach einer Neubau- oder Sanierungsmaßnahme sogenannte „Abnahmeinspektionen“ durchgeführt werden. Letzteres gilt auch nach Ablauf des Gewährleistungszeitraums für „Gewährleistungsinspektionen“. Darüber hinaus gehört die „Beweissicherung“ ebenfalls zur Arbeit des Inspektors. Zum Beispiel wenn eine Baugrube ausgehoben werden soll, aber sich in der Nähe ein Kanal befindet, der durch die Baugrubensicherung mit Spundwänden und Erdanker eventuell beschädigt werden könnte. Zuletzt gibt es noch die „Sondereinsätze“. So mag es zu einer plötzlichen Straßenabsenkung gekommen sein. In diesem Fall muss



Die Untersuchung der Schächte wird vom Kanalinspektionsfahrzeug aus vorbereitet.

geprüft werden, ob diese mit dem darunter liegenden Kanal in Verbindung steht, der möglicherweise nicht mehr standsicher ist.

■ Betriebsführungssystem

Damit Inspektionsaufträge vorbereitet, verarbeitet und durchgeführt werden können, hat der Kanalbetrieb ein Betriebsführungssystem eingeführt, in welchem die Inspektions- und Reinigungsaufträge angelegt werden. Diese Aufträge werden digital an das jeweilige Inspektionsfahrzeug übertragen, auf dem sich die Stammdaten für die Inspektion (oder Reinigung) befinden. Der Inspekteur weiß somit genau, welche Kanäle und Schächte bearbeitet werden müssen. Die erhobenen Daten, Fotos und Videos werden anschließend in der Inspektions-Software nachbereitet und geprüft, danach an das Datenmanagement übergeben und von dort in das Geo-Informationssystem eingespeist.

Der Kanalinspektor bei der Arbeit: Nachdem die Kamera in den Schacht eingelassen worden ist, erfolgt die Überwachung am Monitor.

06

EIN KRITISCHER BLICK AUF DEN STROMVERBRAUCH

ENERGIEANALYSE
IM KLÄRWERK MÖHRINGEN

Für die Abwasserreinigung wird viel Energie in Form von Strom und Wärme benötigt. Allerdings ist ein hoher Energieverbrauch nicht nur mit hohen Betriebskosten verbunden. Auch aus ökologischer Sicht empfiehlt es sich, den externen Strombezug zu verringern, um den CO₂-Ausstoß durch die Verbrennung fossiler Energieträger zu reduzieren. Deshalb hat die Stadtentwässerung Stuttgart in den Jahren 2013 und 2014 eine energetische Grob- und Feinanalyse für das Klärwerk Möhringen durchführen lassen, um die energetischen Schwachstellen aufzuspüren und Gegenmaßnahmen einzuleiten.





Blick auf die Belebungsanlage des Klärwerks Möhringen.

Grobanalyse

Das Klärwerk Möhringen ist für 160.000 Einwohner ausgelegt. Die Belebungsanlage besteht aus 10 Becken mit vorgeschalteter Denitrifikation. Der Sauerstoffeintrag erfolgt über eine Druckbelüftung mit Turboverdichter. Das gereinigte Abwasser gelangt in den Vorfluter Körösch.

Im Rahmen der energetischen Grobanalyse wurden im Klärwerk Möhringen zunächst alle Anlageparameter erfasst und die für die Analyse relevanten Kennzahlen der Energieverbraucher und -lieferanten auf allen Stufen des Reinigungsprozesses und der Schlammbehandlung berechnet und einer Beurteilung unterzogen.

Entsprechend dem bereits 1999 vom Land Nordrhein-Westfalen herausgegebenen Handbuch „Energie in Kläranlagen“ sollte der gesamte Stromverbrauch einer Kläranlage einen Richtwert von 30 kWh/(E*a) nicht überschreiten. Der Idealwert liegt bei 23 kWh/(E*a). Das Arbeitsblatt A126 „Energiecheck und Energieanalyse“ (2015) der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) gibt einen Vergleichswert < 36 kWh/(E*a) vor. Die Grobanalyse erbrachte für das Klärwerk Möhringen allerdings einen Ist-Wert von 46,3 kWh/(E*a). Auch im Hinblick auf die biologische Reinigungsstufe schnitt das Klärwerk Möhringen mit einem Stromverbrauch von 35 kWh/(E*a) bei einem Ideal-Wert von 18 kWh/(E*a) vergleichsweise schlecht ab.

Insgesamt ließ die energetische Grobanalyse erkennen, dass das größte Stromesparpotenzial im Bereich der biologischen Reinigungsstufe gegeben ist. Deshalb wurden bereits unmittelbar im Anschluss die Belüftungselemente in zwei Belebungsbecken ausgetauscht, wodurch der einwohnerspezifische Stromverbrauch auf einen Ist-Wert von 42 kWh/(E*a) gesenkt werden konnte.

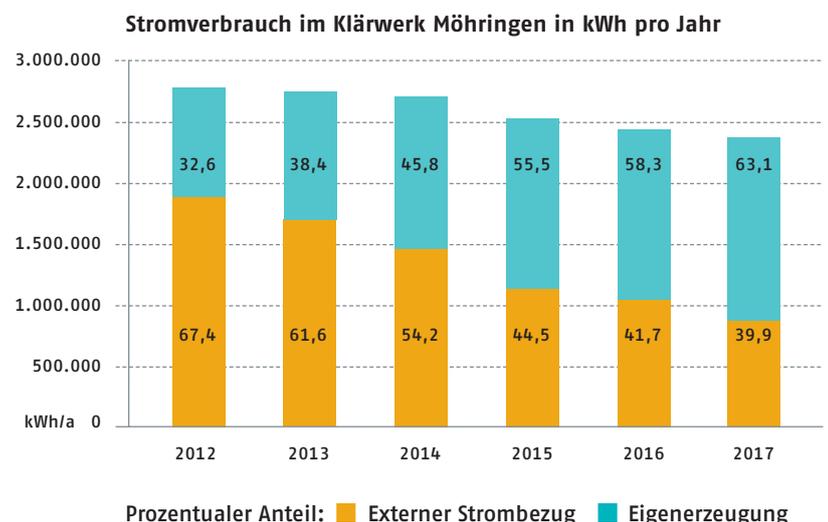
Feinanalyse und Maßnahmen

In der energetischen Feinanalyse wurden – unter Berücksichtigung eines gesicherten Abwasserreinigungsprozesses – die Betriebsweise der einzelnen Verfahrensstufen der biologischen Anlage einer Prüfung unterzogen und darauf aufbauend Möglichkeiten zur Optimierung dargestellt. Auf Eigeninitiative der Mitarbeiter des Klärwerks Möhringen erfolgte zudem eine generelle Erneuerung und Umstellung des Prozessleitsystems und der SPS-Steuerung.

Dadurch konnten vom Betriebspersonal die folgenden verfahrenstechnischen Änderungen vorgenommen werden:

- ▶ Die Rücklaufschlamm-pumpen werden über die Zulaufmengen gesteuert.
- ▶ Bei Grundlast ist ausschließlich der kleinste Verdichter im Einsatz. Bei Großlast wird nur ein großer Verdichter betrieben.
- ▶ Im Regelbetrieb arbeitet lediglich eine Kreislaufwasserzirkulationspumpe.
- ▶ Statt im Dauerbetrieb zu fahren, wird die Überschussschlamm-zentrifuge bei einem TS-Gehalt des Schlammes von 4 g/l eingeschaltet und bei 3,5 g/l ausgeschaltet.

Aufgrund der durchgeführten Maßnahmen war es möglich, den Stromverbrauch des Klärwerks Möhringen von noch knapp 3 Mio. kWh/a im Jahr 2012 auf rund 2,4 Mio. kWh/a im Jahr 2017 zu senken (vgl. Diagramm). Der einwohnerspezifische Stromverbrauch hat sich 2017 auf 37,9 kWh/(E*a) verringert und entspricht somit fast dem DWA-Vergleichswert. Auch beträgt die Eigenstromversorgung mittlerweile 63,1%. Der ersichtliche Anstieg der von den Blockheizkraftwerken (BHKW) in den Jahren 2012 bis 2017 gelieferten Strommenge lässt sich einerseits auf einen Austausch der alten Motoren durch Motoren mit einem höheren Wirkungsgrad, andererseits auf einen besseren Brennwert des erzeugten Faulgases zurückführen.



07

LED-LEUCHTEN AUF DEM VORMARSCH

**STROM SPAREN MIT MODERNEN
UND INTELLIGENTEN LICHTSYSTEMEN**

Jeder möchte es hell: Ob wir nachts unterwegs sind oder tagsüber durch Tunnel oder Unterführungen gehen, eine gute Beleuchtung trägt maßgeblich zum Sicherheitsgefühl und zur Verkehrssicherheit bei. Aber dass künstliches Licht auch mit einem enormen Energieverbrauch und hohen Kosten verbunden ist, wird dabei leicht übersehen. Um diese zu senken, wurde vom Tiefbauamt Stuttgart in den letzten Jahren verstärkt in die Erneuerung der Leuchten und in intelligente Lichtsteuerungen investiert.



■ **Effiziente Straßenbeleuchtung**

Durch eine stetige Umrüstung des Bestands auf LED-Leuchten, ist es dem Tiefbauamt Stuttgart gelungen, den Energieverbrauch der Straßenbeleuchtung im siebten Jahr in Folge zu senken. Während dieser in den Jahren 2008 und 2009 noch über 27 Mio. kWh betrug, ergibt sich für das Jahr 2016 lediglich ein Verbrauch von 24 Mio. kWh. Im Vergleich zum Jahr 2015 beträgt der Rückgang rund 220.000 kWh bzw. 0,9%.

Derzeit sind für die Straßenbeleuchtung in Stuttgart ausschließlich effiziente Natriumdampf-, Halogenmetaldampf-, Leuchtstofflampen oder LED-Leuchten im Einsatz. Seit Anfang 2017 wird beim Austausch von Leuchten nur noch auf LED-Leuchten zurückgegriffen. Unterstützt wird diese Strategie unter anderem durch die vom Amt für Umweltschutz bereitgestellten stadtinternen Contracting-Mittel, d. h. zinslose Darlehen an Fachämter, um Energiesparmaßnahmen umzusetzen. So wurden beispielsweise 2016 im Rahmen von Contracting-Projekten Hängeleuchten in einem größeren Bereich des Stuttgarter Westens, an der Filderhauptstraße in Plieningen und der Jahnstraße in Degerloch gegen energieeffiziente LED-Leuchten getauscht.

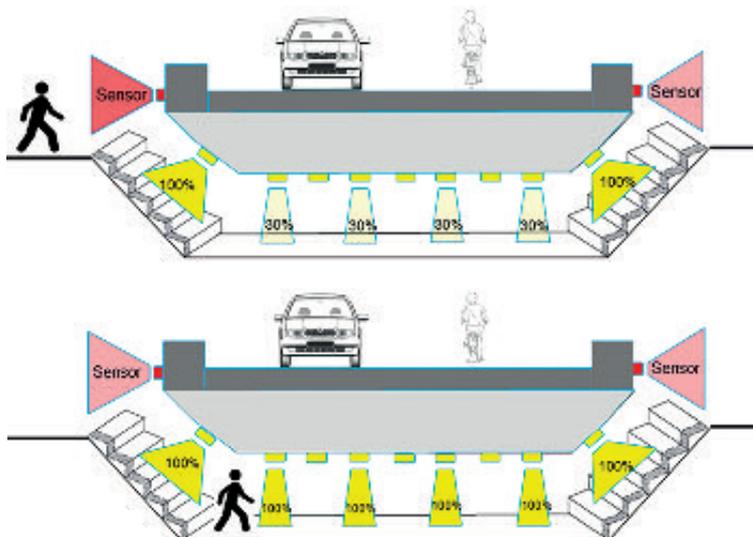
Allein durch die im Jahr 2016 umgesetzten Contracting-Projekte werden in Zukunft jährlich 128.260 kWh eingespart.

■ **Lichtsteuerungs-Systeme**

Zusätzlich hat das Tiefbauamt Stuttgart in Abstimmung mit dem Amt für Umweltschutz im Jahr 2016 bei der Stuttgart Netze Betrieb GmbH die Entwicklung einer intelligenten, nutzungsabhängigen Lichtsteuerung für Unterführungen in Auftrag gegeben. Das Funktionsprinzip (siehe Schema) sieht vor, dass die LED-Leuchten nur bei tatsächlicher Benutzung der Unterführung 100% der Lichtleistung zur Verfügung stellen. In der restlichen Zeit wird die Beleuchtung reduziert betrieben. Die Steuerung erfolgt über einen Bewegungsmelder mit Radartechnik, der unauffällig in den Eingängen der Unterführung installiert ist.

In der Fangelsbach-Unterführung in Stuttgart-Mitte erfolgte eine erste Erprobung des Systems. Im Vorfeld wurden hier zusätzlich 27 konventionelle Leuchtstoffröhren durch LED-Leuchten ersetzt. Obwohl es sich um eine stark genutzte Unterführung handelt, konnte mit den neuen Leuchten und der nutzungsabhängigen Lichtsteuerung im Vergleich zur alten Anlage 66% der Energie eingespart werden. Bei weniger frequentierten Unterführungen ist von einer noch höheren Energieeinsparung auszugehen.

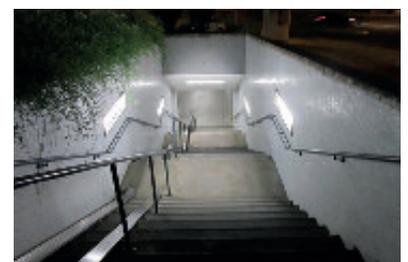
Schema einer nutzungsabhängigen Unterführung im Nachtbetrieb.



Vergleich der Beleuchtungsstärke: 100% und reduziert auf 70% in der Halbnachtschaltung.

■ **Energiesparend in die Zukunft**

Neben der Umrüstung der Straßenbeleuchtung mit LED-Leuchtmittel und der Umsetzung der nutzungsabhängigen Lichtsteuerung in weiteren Unterführungen laufen derzeit Untersuchungen zur Wiedereinführung der Halbnachtschaltung der LED-Straßenbeleuchtung an Hauptverkehrsstraßen. So könnte die Beleuchtung dort in Abhängigkeit des zeitlich variierenden Verkehrsflusses gesteuert und in den Nachtstunden bei weniger Verkehr reduziert werden.



Neue Beleuchtung am Abgang zur Fangelsbach-Unterführung.

08

LUFTQUALITÄT UNTER KONTROLLE

**FORTLAUFENDE EMISSIONSMESSUNGEN
ZUM SCHUTZ DER UMWELT**

Die im Jahr 1962 auf dem Gelände des Hauptklärwerks Stuttgart-Mühlhausen errichtete und mittlerweile mit den Wirbelschichtöfen der zweiten und dritten Generation ausgestattete Mono-Klärschlammverbrennung unterliegt dem Bundesimmissionsschutzgesetz. Dieses 1974 erlassene Gesetz dient dem Zweck, „Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen“.



■ Strenge Auflagen

Die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen wird in der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (17. BImSchV) geregelt. Die Verordnung definiert die Anforderungen und Vorschriften, die bei der Errichtung, der Beschaffenheit und dem Betrieb von Verbrennungsanlagen zu erfüllen bzw. einzuhalten sind.

■ Ständige Überwachung

Während ein Teil dieser Auflagen bereits beim Bau der Anlage zum Tragen kommt, gilt es, die für einzelne Schadstoffe vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte zur Sicherung der europäischen Luftqualitätsanforderungen während der gesamten Betriebszeit der Anlage zu erfüllen. So haben Betreiber von Verbrennungsanlagen nicht nur dafür zu sorgen, dass zugelassene Messeinrichtungen zur Überwachung der Emissionen vorhanden sind, sondern sind auch verpflichtet,

einen jährlichen Bericht über die Ergebnisse der Messungen zu erstellen und der zuständigen Behörde vorzulegen. Neben der kontinuierlichen Erfassung der Emissionswerte für ausgewählte Schadstoffe und der Bildung von Halbstunden- und Jahresmittelwerten sind bei Höchstlast der Anlage auch einmal jährlich Einzelmessungen vorzunehmen und entsprechend zu protokollieren. Für das Hauptklärwerk Mühlhausen besteht zusätzlich eine Online-Verbindung zur Behörde. Die Emissionswerte werden täglich automatisch an die zuständige Aufsichtsstelle übermittelt und können von dieser jederzeit eingesehen werden.

■ Optimale Ergebnisse

Die Klärschlammverbrennung auf dem Hauptklärwerk Mühlhausen arbeitet derzeit hauptsächlich mit dem 2007 in Betrieb genommenen Wirbelschichtofen 3 (WSO 3). Der Wirbelschichtofen 2 (WSO 2) aus

dem Jahr 1992 dient als Reserve und wird in den nächsten Jahren saniert und auf den aktuellen Stand der Technik gebracht. Für das Jahr 2017 betrug die Betriebszeit des WSO 3 4.389 Stunden, des WSO 2 2.096 Stunden.

Die Tabelle und die Abbildung geben für die Parameter Stickoxid, Schwefeldioxid, Gesamt C, Staub, Kohlenmonoxid und Quecksilber die aus den kontinuierlichen Einzelmessungen ermittelten Emissionswerte für das Jahr 2017 wieder. Die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte sind im Jahresdurchschnitt einzuhalten. Das ist für alle Schadstoffe der Fall. Mit Ausnahme von Staub beim Wirbelschichtofen 2 unterschreiten die durchschnittlichen Emissionswerte den jeweils gültigen Grenzwert um mehr als 50%. Für den Wirbelschichtofen 3 liegt für Gesamt C und Kohlenmonoxid sogar eine Unterschreitung von rund 90% bzw. 98% vor.

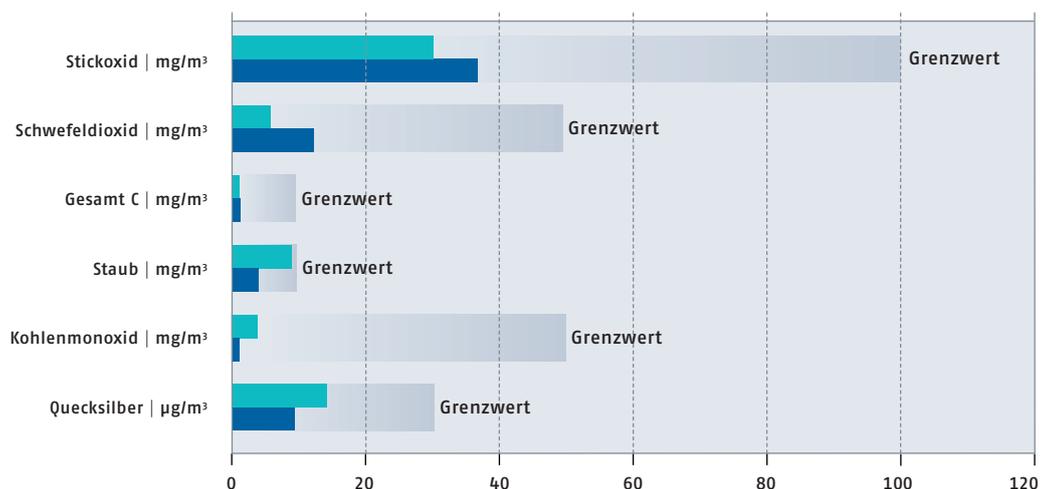
Zu sehen ist die Rauchgasreinigung des WSO 2. Rechts im Bild ragt der Kamin der beiden Wirbelschichtöfen in den Himmel.



	Einheit	Grenzwert	WSO 2	WSO 3
Stickoxid	mg/m ³	100	30,25	36,33
Schwefeldioxid	mg/m ³	50	5,61	12,08
Gesamt C	mg/m ³	10	1,00	1,03
Staub	mg/m ³	10	8,70	3,72
Kohlenmonoxid	mg/m ³	50	3,72	1,21
Quecksilber	µg/m ³	30	14,08	9,39

Jahresmittelwerte 2017 aus kontinuierlichen Einzelmessungen

■ Wirbelschichtofen 2 ■ Wirbelschichtofen 3

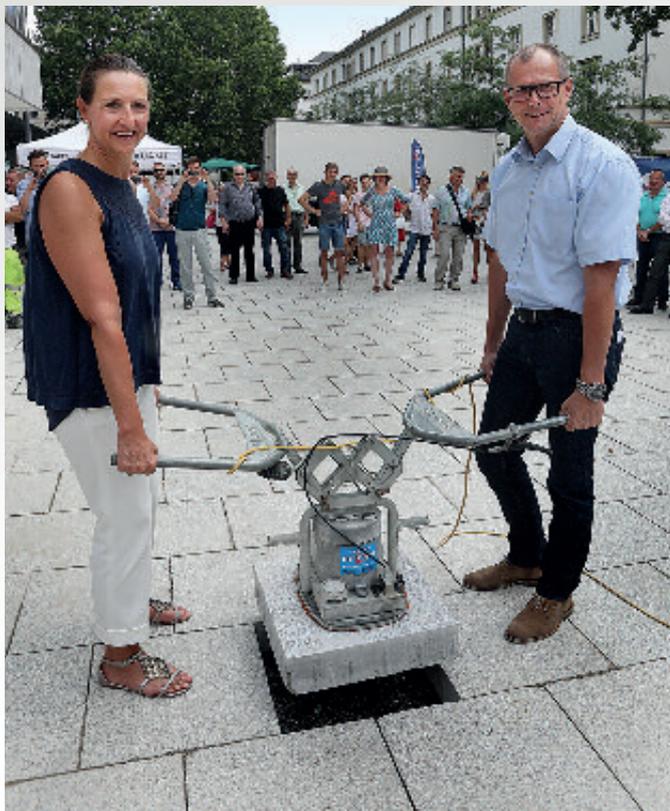


09

STUTTGARTER PLATTE GEGEN STICKSTOFFOXIDE

EIN BEITRAG ZUR STADTGESTALTUNG
UND LUFTREINHALTUNG

Im Juni 2008 trat die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa in Kraft. Deren Umsetzung in nationales Recht erfolgte im Juni 2010 in der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (39. BImSchV). Seither gelten für Stickstoffdioxid zwei Grenzwerte. So ist zum einen ein Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einzuhalten (Langzeitgrenzwert), zum anderen darf ein Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an höchstens 18 Stunden pro Kalenderjahr überschritten werden (Kurzzeitgrenzwert).



■ Neuer Plattenbelag

Als eigenen Beitrag zur Einhaltung der geforderten Stickstoffdioxid (NO_2)-Grenzwerte setzt das Tiefbauamt Stuttgart auf seine helle „Stuttgarter Platte“. Hierbei handelt es sich um eine Betonvorsatzplatte, der beim Herstellungsprozess Titandioxid als Betonzuschlag beige-mischt wird. Dieser Zuschlag fungiert als Photokatalysator und kann unter Einwirkung von Sonnenlicht die in der Luft enthaltenen Stickstoffdioxide und Stickstoffmonoxide (NO_x) eliminieren und in Nitrat (NO_3^-) umwandeln. Das Nitrat wird bei Regen ausgespült und abgeleitet (siehe Schema), wobei sonnige Tage mit viel natürlichem Licht für den photokatalytischen Prozess optimal sind.

Frau Fuchs, City-Initiative Stuttgart e.V., und Herr Bürgermeister Thürnau beim Setzen des symbolischen „letzten Steins“ der Baumaßnahme Kronprinzplatz.



Blick auf die Kronprinzstraße bis 2016.



Nach der Sanierung ab 2017.

■ **Einsatzgebiet: Kronprinzplatz**

Der Kronprinzplatz liegt zentral in der Stuttgarter Innenstadt auf der Parallelachse zur Königstraße. Über 100.000 Menschen flanieren hier täglich. Der alte Klinkerbelag aus den 1980er Jahren war mittlerweile an vielen Stellen defekt und mit zahlreichen Asphaltflicken provisorisch repariert worden. Um dem herausragenden Stellenwert dieses zentralen Platzes Rechnung zu tragen und ihn wieder in neuem Glanz erstrahlen zu lassen, hat der Gemeinderat der Landeshauptstadt Stuttgart zum Doppelhaushalt 2014/2015 rund 2,5 Mio. EUR für

die Sanierung und Umgestaltung des Kronprinzplatzes bewilligt.

Mit den Arbeiten wurde im Juni 2016 begonnen. Auf über 5.100 m² wurde der marode Belag durch die „Stuttgarter Platte“ ersetzt. Der Aufpreis für den Titandioxid-Zuschlag in den Betonvorsatzplatten betrug ca. 7 Euro pro Quadratmeter.

■ **Die Platten sehen identisch aus**

Vom Laufgefühl und vom Aussehen her unterscheiden sich diese Platten nicht von einem herkömmlichen Belag. Das bei der photokatalytischen Reaktion entstehende NO₃⁻ ist außerdem weder giftig

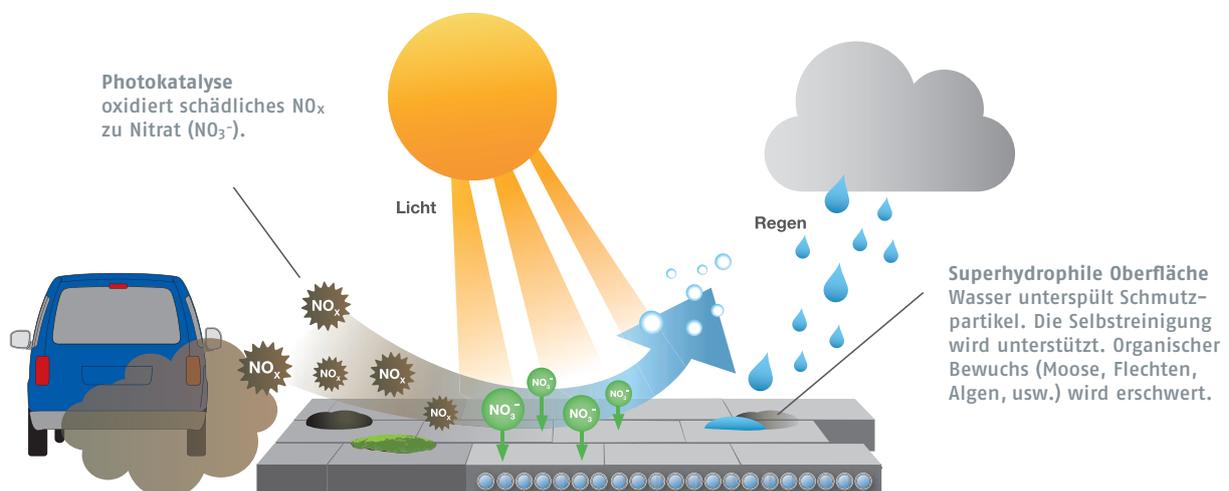
noch gesundheitsgefährdend und fließt mit dem Regen ab. Der Katalysator wird während der Reaktion nicht verbraucht, so dass die Wirkung über die gesamte Lebenszeit der Betonplattenoberfläche anhalten kann.

■ **Wirksamkeitsnachweis**

Unter Laborbedingungen konnte vom Fraunhofer-Institut bereits ein Rückgang des Stickstoffdioxids nachgewiesen werden. Erste Ergebnisse aus der Praxis liegen bislang von Erfurt vor. Dort ließ sich auf dem Gothaer Platz eine 20-prozentige Verringerung der Stickstoffoxide in drei Meter Höhe über dem Pflaster beobachten. Das Tiefbauamt Stuttgart strebt an, unter wissenschaftlicher Begleitung ein weiteres Bauprojekt mit Betonvorsatzplatten mit Titandioxid-Zuschlag umzusetzen. In diesem Zusammenhang könnte zudem ein Messprogramm aufgelegt werden, um die Schadstoffdaten vor und nach dem Einbau der reaktionsfähigen Platten zu sammeln und zu vergleichen.

■ **Ausblick**

Mit Titandioxid versetzte Platten können effizient zur Luftreinigung in Stuttgart beitragen. Der Einsatz von anderen Belägen, die NO_x-reduzierend wirken können, wie zum Beispiel Asphalt mit Titandioxid, wird in der Landeshauptstadt derzeit untersucht.



10

VOM KLÄRSCHLAMM BIS ZUR ASCHE

UMWELTGERECHTE ENTSORGUNG
DES VERFAHRENSTECHNISCHEN ABFALLS

Als Abfallprodukt der Abwasserreinigung entsteht Schlamm. Dieser fällt auf den verschiedenen Stufen des Reinigungsprozesses in unterschiedlicher Konsistenz an. Der Schlamm stellt dabei eine Schadstoffsенке dar, d. h. er nimmt Schwermetalle aus dem Abwasser auf. Im Hauptklärwerk Mühlhausen wird er durch Verbrennung umweltgerecht entsorgt. Die verbleibende, mit Schwermetallen aufkonzentrierte Asche wird schließlich Untertage deponiert.



■ Verschiedene Schlämme

In der ersten Reinigungsstufe, der mechanischen Behandlung, werden feste Inhaltsstoffe des Abwassers im Rechen- oder Sandfang zurückgehalten. Ein weiterer Teil setzt sich im Vorklärbecken als Primärschlamm ab. Dieser wird aus dem Vorklärbecken abgezogen und im Hauptklärwerk Mühlhausen (HKW) direkt zur Faulung gepumpt.

In der zweiten Reinigungsstufe, der biologischen Behandlung, bildet sich Belebtschlamm. Unterschiedliche Bakterienarten entfernen die gelösten organischen Substanzen sowie Nährstoffe aus dem Abwasser. Durch den Abbauprozess entsteht eine Bakterienmasse, die in Form kleiner Belebtschlammflocken im Abwasser schwimmt und koaguliert. Im Nachklärbecken trennt sich diese Masse dann vom gereinigten Abwasser und sinkt nach unten. Ein Teil dieses abgesetzten Schlamms wird als Überschussschlamm entnommen und ebenfalls zur Faulung gepumpt.

Der Rest geht als Rücklaufschlamm zurück in die Belebungsbecken der biologischen Reinigung.

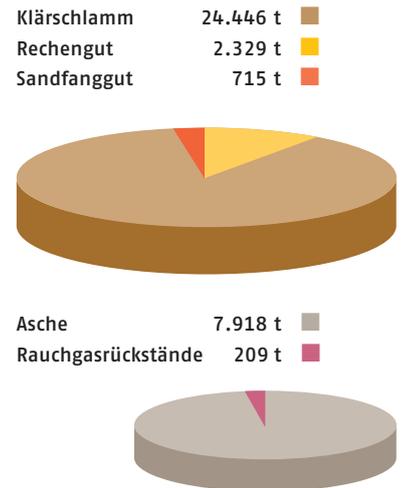
■ Konzentration der Schadstoffe

Im Hauptklärwerk Mühlhausen gelangt der Überschussschlamm nach der Entwässerung mit Zentrifugen in den Faulturm. Dort fault er unter Luftabschluss, zusammen mit dem Primärschlamm, 14 Tage aus und wird dadurch stabilisiert. Nach nochmaliger Entwässerung und Trocknung wird der ausgefaulte Klärschlamm verbrannt.

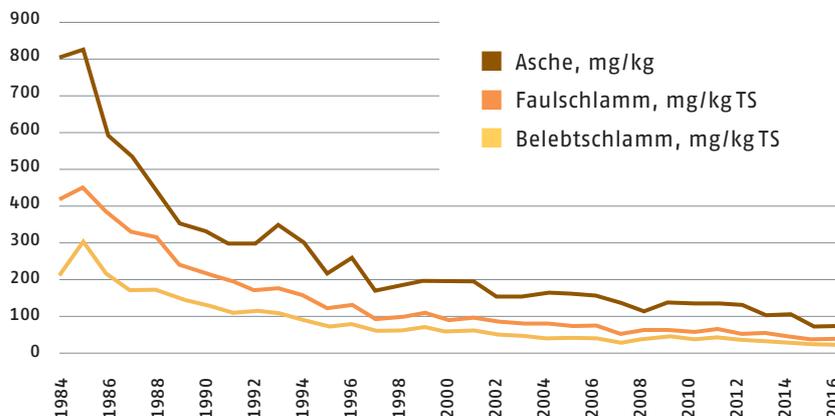
Mit der Verbrennung geht eine Aufkonzentrierung der Schwermetalle in der Asche einher. Während sich beispielsweise für das Jahr 2017 ein Bleigehalt im Belebtschlamm von lediglich 17 mg/kg Trockensubstanz (TS) nachweisen lässt, steigt dieser auf 28 mg/kg TS im Faulschlamm und auf 78 mg/kg in der Asche. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für Chrom mit 25 mg/kg im Belebtschlamm, 34 mg/kg im Faulschlamm und 90 mg/kg in der Asche.

Der aus den Diagrammen ersichtliche starke Rückgang der Blei- und Chromkonzentration im Schlamm in den Jahren 1984 bis 2017 lässt sich auf das aufkommende Umweltbewusstsein und damit zusammenhängende Maßnahmen, wie etwa die Einführung des bleifreien Benzins, zurückführen.

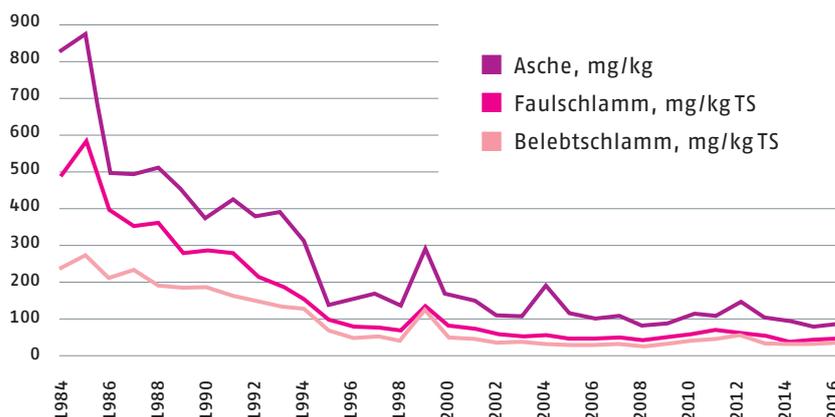
Verfahrenstechnischer Abfall 2017



Blei-Konzentration im Schlamm und in der Asche im HKW Mühlhausen



Chrom-Konzentration im Schlamm und in der Asche im HKW Mühlhausen



Im Jahr 2017 wurden in der Klärschlammverbrennung auf dem Hauptklärwerk insgesamt 24.446 t Klärschlamm in der Trockenmasse (Tmt) thermisch entsorgt. Davon entfallen 66,9% auf das Hauptklärwerk Mühlhausen, 7,6% auf die Klärwerke Möhringen und Pliezingen sowie 5,8% auf das Gruppenklärwerk Ditzingen. Die restlichen 19,7% wurden von externen Klärwerken angeliefert. Außerdem konnten 114 t des in den Stuttgarter Klärwerken angefallenen Rechenguts von 2.329 t der Verbrennung in Mühlhausen zugeführt werden. Der Rest von 2.215 t ging zur Müllverbrennung in Münster. Durch die Verbrennung des Klärschlammes und des Rechenguts fielen im Jahr 2017 7.918 t Asche an. Diese gelangte vornehmlich als Verfüllmaterial zum Salzbergwerk Bad Friedrichshall. Auch die bei der thermischen Entsorgung entstandenen Rauchgasrückstände von 209 t wurden dort deponiert.

Zudem fallen sowohl bei der Abwasserreinigung als auch im Kanalbetrieb noch mineralische Reststoffe an. Das Sandfanggut belief sich im Jahr 2017 auf 715 t und wurde zur Verwertung extern abgegeben.

11

ALTLASTEN GEFÄHRDEN DAS GRUNDWASSER

SANIERUNGSMASSNAHMEN
AUF DEM KRAFTWERKSGELÄNDE GAISBURG

Seit den 1980er Jahren sind die Behörden in Baden-Württemberg verstärkt darauf fokussiert, durch Altlasten hervorgerufene Boden- und Grundwassergefährdungen zu ermitteln und zu beseitigen. Eine der derzeit größten kommunalen Alttablagerungen Stuttgarts befindet sich auf dem Werksgelände des Kraftwerks Gaisburg. Das Tiefbauamt Stuttgart saniert diesen Standort seit 2014 aufwendig, um die Stuttgarter Grund- und Mineralwässer zu schützen.





■ Gefahr durch Altlasten

Auf dem Gelände des Kraftwerks Gaisburg existieren im Bereich der denkmalgeschützten Förderanlage Kohlebandbrücke ehemalige Kiesgruben, die noch bis Mitte der 1950er Jahre hinein mit Erdaushub, Gewerbeabfällen sowie Brandschutt und auch mit Gaswerksrückständen aus dem Betrieb des benachbarten Gaswerks Ost verfüllt worden sind. Da die Kohlebandbrücke allerdings innerhalb des Kernbereichs des Heilquellenschutzgebiets liegt, wurden bereits in den 1990er Jahren Bodenuntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse ließen erkennen, dass eine potentielle Gefährdung der Stuttgarter Heil- und Mineralwasservorkommen von dem mit Gaswerksabfällen aufgefüllten Bereich ausgeht. Von den Fachbehörden wurde deshalb die aufwendige Beseitigung der Gefahrenquelle beschlossen.

■ Sanierungsmaßnahmen

Das dafür festgelegte Verfahren sieht vor, den rund 9.000 m² großen Bereich durch konventionellen Ausgrabung mit begleitender hydraulischer Sicherung zu sanieren. Da sich der Sanierungsbereich im Aufstiegsgebiet der Stuttgarter Mineralquellen befindet, können Eingriffe in den Untergrund nur eingeschränkt erfolgen. So ist das Freilegen von oberflächennahem quartärem Grundwasser auf eine Fläche bis maximal 500 m² beschränkt. Grundwasserentnahmen sind lediglich unter Aufla-



Nassaushub im Verbauelement vorne. Das Element dahinter ist bereits mit Kies verfüllt.

gen und nur in enger Abstimmung mit der Wasserbehörde zulässig.

Die besondere Herausforderung bei der Wahl des Bodenaustauschverfahrens bestand darin, dass nicht gänzlich auszuschließen ist, dass sich im Sanierungsgebiet noch Kampfmittel befinden. Da die Bodenauffüllungen allerdings stark mit Bauschutt vermischt sind, können diese nicht flächendeckend auf eventuell vorhandene Fliegerbomben und dergleichen untersucht werden. Für den Tiefenausgrabung im wassergesättigten Bereich kommt deshalb das Gleitschienenverfahren zum Einsatz. Dabei werden unter ständiger Begleitung eines Feuerwerkers rund 210 Verbaukastenelemente (je 5 m x 5 m) in den Untergrund eingebracht und der Nassaushub bis zu einer Tiefe von 8 Metern je Verbaukastenelement durchgeführt. Während des Eingriffs werden aus der gesättigten Bodenzone Schadstoffe mobilisiert.



Verbauelemente in Reihe.

Dabei verhindert allerdings die zu Beginn des Projekts in Betrieb genommene Grundwasserreinigungsanlage, dass diese in Richtung Heilquellen abströmen.

■ Kosten für Stadt und Land

Die Bautätigkeiten für den Tiefenausgrabung werden noch bis Anfang 2018 andauern. Die Abstomsicherung wird ein Jahr länger fortgeführt. Am Ende der Maßnahme werden insgesamt rund 90.000 t stark verunreinigter Boden entfernt sein. Die Gesamtkosten des Projekts belaufen sich auf rund 17 Mio. EUR, wobei vom Land Baden-Württemberg ca. 12 Mio. EUR an Fördermitteln bereitgestellt werden.

12

SICHERHEIT IST OBERSTES GEBOT

RICHTLINIEN FÜR DEN UMGANG MIT GEFÄHRLICHEN STOFFEN

Für die Mitarbeiter der Stuttgarter Klärwerke und des Kanalbetriebs gehören Chemikalien wie ätzende Flüssigkeiten, Säuren und Laugen zur täglichen Arbeit. Um so wichtiger ist es, diese Gefahrstoffe adäquat zu erfassen und zu kategorisieren und über ihre sichere Handhabung zu informieren. Nur dann können die Gefahren für den Mensch und die Umwelt minimiert werden.



Gefahrstofflager



Lagerraum

Zone 2

■ **CLP-Verordnung**

Aufbauend auf dem von den Vereinten Nationen beschlossenen GHS-System zur einheitlichen Kennzeichnung von Chemikalien trat in der Europäischen Union im Jahr 2009 die CLP-Verordnung (Classification, Labeling and Packaging) in Kraft. Seit Dezember 2012 ist die Einstufung von Reinsubstanzen nach der CLP verbindlich anzuwenden. Für Gemische gilt dies seit Juni 2015. Mit der CLP-Verordnung änderte sich nicht nur die Eingruppierung von Stoffen und Gemischen. Auch die Gefahrensymbole, die bisher auf den Verpackungen zu sehen waren, wurden durch Gefahrenpiktogramme ersetzt und gegebenenfalls mit einem Signalwort wie „Achtung“ oder „Gefahr“ ergänzt. Darüber hinaus wurden die Risiko-Sätze durch H-Sätze (Hazard Statements) und zusätzlich EUH-Sätze für besondere Gefährdungen abgelöst. An die Stelle der Sicherheits-Sätze traten die P-Sätze (Precautionary Statements).

■ **Praktische Umsetzung**

Bereits Anfang 2015 wurde die CLP-Verordnung im Hauptklärwerk Mühlhausen im Rahmen des jährlichen Abgleichs der im Gefahrstoffkataster hinterlegten Gefahrstofflisten mit dem Bestand in allen Arbeitsbereichen umgesetzt. Dazu wurden bei den Herstellern aller Substanzen die aktuellen CLP-Sicherheitsdatenblätter abgefragt und diese nach einem einheitlichem System digital abgelegt. Anhand der aktuellen Listen und der Sicherheitsdatenblätter war es dann möglich, die Einstufungen der Gefahrstoffe zu überprüfen.



Gefahrstoffordner der einzelnen Arbeitsbereiche im Hauptklärwerk.



Der Heizöltank mit Gefahrenhinweisschild.

Im Zuge dieser Prüfung wurde auch das bestehende System der Informationssammlung, -verwaltung und -weitergabe auf dem Hauptklärwerk Mühlhausen überarbeitet und neu strukturiert. Dazu gehörte unter anderem, Substanzgruppen neu zu formulieren, zusammenzufassen oder aufzuteilen. Außerdem erhielt jede Substanzgruppe in Abhängigkeit des jeweiligen Arbeitsbereichs eine individuelle Kodierung für eine leichtere Zuordnung. Schließlich wurde für jede Substanzgruppe und für jeden Arbeitsbereich eine CLP-Betriebsanweisung für Gefahrstoffe (BA) erstellt. Dabei handelt es sich um eine maximal zweiseitige Zusammenfassung der Sicherheitsdatenblätter, die zusätzlich um Hinweise zu weiteren Modulen der Gefährdungsbeurteilung wie Handschuh- oder Brillenplan der SES ergänzt wurde.

■ **Einfacher Datenaustausch**

Das Gefahrstoffkataster in Form einer Excel-Datei bestand auch nach der Überarbeitung des Systems weiter, da es von allen Beteiligten ohne zusätzliche Software geöffnet werden kann. Für die Erstellung und Pflege der BAs wird allerdings auf ein externes Programm zurückgegriffen. Dieses sorgt für eine einheitliche Struktur, wirkt widersprüchlichen Formulierungen und Informationen entgegen und verhindert falsche Formatierungen. Das Programm stellt dafür die nach der CLP-Verordnung vorgegebenen Piktogramme und Textbausteine

bereit. Da alle Stuttgarter Klärwerke und der Kanalbetrieb mit dem gleichen Programm arbeiten, können die BAs ohne große Schwierigkeiten ausgetauscht werden.

Für jeden Arbeitsbereich im Hauptklärwerk Mühlhausen sind zusätzlich orangefarbene Ordner hinterlegt, um einen schnellen Zugriff auf Kataster, Sicherheitsdatenblätter und BAs auch ohne PC zu ermöglichen. Die Gefahrstoffbetriebsanweisungen hängen ferner in jedem Bereich aus.

■ **Regelmäßige Überprüfung**

Das gesamte Kataster wird jährlich durch die verantwortlichen Bereiche überprüft und aktualisiert. Aufgrund der bis Juni 2017 geltenden Übergangsfrist für die neue Kennzeichnung nach CLP war das Hauptklärwerk gezwungen, während der Umstellung in den Jahren 2015 und 2016 neben der neuen auch teilweise die bis dahin gültigen alten Kennzeichnungen zu verwenden.



Blick in einen Gefahrstoffschrank im Klärwerk Möhringen.

13

UNSER LANGFRISTIGES ENGAGEMENT

INFORMATIONEN NACH AUSSEN UND NACH INNEN

Die Öffentlichkeitsarbeit und die Ausbildung gehören zwar nicht zum Kerngeschäft der Stadtentwässerung Stuttgart, wohl aber zu ihrem Selbstverständnis. Die Weitergabe von betriebsrelevanten Informationen, sei es an die Öffentlichkeit oder an Auszubildende, schafft Vertrauen und hilft, die eigenen Prozesse und Verfahrensweisen zu hinterfragen und zu optimieren.

■ Die SES lädt ein ...

nicht nur zum Tag der Offenen Tür auf den Klärwerken in Stuttgart-Mühlhausen, -Möhringen, -Plieningen und im Gruppenklärwerk Ditzingen, sondern auch zu Führungen über das jeweilige Klärwerksgelände nach Voranmeldung und monatlich einmal ins Infozentrum in der Zwischenebene der Stadtbahnhaltestelle Neckartor.

Im Jahr 2016 konnte das Hauptklärwerk Mühlhausen sein hundertjähriges Bestehen feiern. Grund genug, einen Tag der Offenen Tür zu organisieren. Rund 3.000 große und kleine Besucher tummelten sich knapp sieben Stunden auf dem Klärwerksgelände, ließen sich die Abwasserreinigung erklären oder besichtigten die Klärschlammverbrennung und das SES-Zentrallabor und genossen den Tag mit guter Bewirtung und musikalischer Unterhaltung.

Aber auch außerhalb einer besonderen Veranstaltung ist es möglich, einen Blick hinter die Kulissen zu werfen. So bietet das Hauptklärwerk Mühlhausen Schulen und Hochschulen, Fachinteressenten, aber auch Privatgruppen, die sich beispielsweise auf einem Betriebs-



ausflug befinden, angemeldete Führungen an. Allein 2017 haben insgesamt knapp 700 Personen an Gruppenführungen teilgenommen. In der Mehrzahl Schulklassen aus dem Stuttgarter Raum und ausländische Delegationen etwa aus China, Singapur und Brasilien.

Wer zusätzlich noch in den Untergrund möchte, der ist im Infozentrum am Neckartor richtig. Bei einem Rundgang durch die Kanalisation – natürlich mit Schutzkleidung und vorheriger sicherheitstechnischer Einführung – kann ein Einblick in die tägliche Arbeit des Kanalbetriebs der Stadtentwässerung Stuttgart gewonnen werden. Sofern es das Wetter zulässt, ist es sogar möglich, den großen Abwasserkanal „Hauptsammler Nesenbach“ zu besichtigen.



Eine publikumswirksame Öffentlichkeitsarbeit wird bei der SES groß geschrieben. Denn nur, wer über die dortige Arbeit in den Bereichen Abwasserreinigung und Kanalbetrieb Bescheid weiß, kann auch deren Nutzen für die Menschen und die Umwelt richtig einordnen. Über die

Internetseite www.stadtentwaeserung-stuttgart.de können die vielfältigen SES-Broschüren abgerufen werden.

■ Die SES bildet aus ...

nicht nur zur Fachkraft für Abwassertechnik, sondern auch zum/zur Elektroniker/In für Betriebstechnik, zum/zur Chemielaborant/In und zur Fachkraft für Rohr-, Kanal- und Industrieservice. Bereits 1984 startete die SES als erstes Klärwerk in Baden-Württemberg mit der Einführung der Ausbildung zum Ver- und Entsorger und behielt ihre Vorreiterrolle auch nach der Reform des Ausbildungsberufs im Jahr 2002 bei. Bis 2011 wurden insgesamt 151 Ver- und Entsorger bzw. Fachkräfte für Abwassertechnik ausgebildet. Viele von ihnen sind noch heute bei den Stuttgarter Klärwerken und dem städtischen Kanalbetrieb beschäftigt.

Wer Lust hat, etwas für die Umwelt zu tun und im Team zu arbeiten, ist bei der SES genau richtig. Jährlich werden rund 20 Auszubildende aufgenommen. Ihnen stehen erfahrene Fachkräfte zur Seite, die sie während der Ausbildungszeit begleiten und sie anhand neuester Techniken auf ihren künftigen Beruf vorbereiten. Durch gute Leistungen ist neben einer weiteren 24-monatigen Ausbildung zum Meister auch eine Festanstellung möglich. Zusätzliche Informationen können unter www.werde-superheld.de abgerufen werden.



■ Die SES setzt Maßstäbe ...

nicht nur bei der Abwasserreinigung, sondern auch bei der Formulierung und der Umsetzung von konkreten Umweltzielen. Mit dem im Jahr 2006 eingeführten Qualitäts- und Umweltmanagement wurde ein Instrument geschaffen, das den Umweltschutz bei der SES kontinuierlich verbessert und das Verständnis der Mitarbeiter auf allen Ebenen für umweltrelevante Fragestellungen fördert. Zu den wichtigsten eingeführten Prozessen gehören unter anderem regelmäßige Betriebsbegehungen, die nicht nur dem innerbetrieblichen Umweltschutz, sondern auch der Arbeitssicherheit dienen, und die stetige Bewertung von Umweltaspekten. So werden alle drei Jahre auf den Betriebsstellen die durch die jeweiligen Tätigkeiten entstehenden Umweltauswirkungen ermittelt und beurteilt und darauf aufbauend Lösungen und Maßnahmen erarbeitet. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die relevanten Umweltziele der SES, nämlich Gewässerschutz, Abfallvermeidung, Reduzierung der CO₂-Emission und Verbesserung des innerbetrieblichen Umweltschutzes, einer fortlaufenden Prüfung unterzogen werden. Eventuell auftretenden Problemen wird damit schnell entgegengewirkt.



Zertifikat nach DIN EN ISO 9001:2015 (Qualitätsmanagement) und nach DIN EN ISO 14001:2015 (Umweltmanagement).



Die Gruppe des Führungsprozesses 09 „Umweltschutz überprüfen und verbessern“.

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART
TIEFBAUAMT
STADTENTWÄSSERUNG
STUTTGART



KONZEPTION, TEXTBEARBEITUNG UND DIAGRAMME : DR. MARGIT POPP • GOE GESELLSCHAFT FÜR ORGANISATION UND ENTSCHEIDUNG, STUTTGART // LAYOUT, SATZ UND EBV : JÖRG AUFDEMKAMP • GESTALTUNG FÜR UNTERNEHMEN, BIELEFELD // FOTOS / SCHEMATA : LANDESHAUPTSTADT STUTTGART • TIEFBAUAMT • STADTENTWÄSSERUNG STUTTGART / MICHAEL FUCHS, REMSECK AM NECKAR: TITELBILD, S. 2, 3, 8, 10, 11, 16, 17, 20, 21, 24, 30 / SERGIO BOCCARDO, 123RF.COM: S. 7 o. r. / CONRAD HÖLLERER, STUTTGART: S. 12, 13 / IBAK HELMUT HUNGER GMBH & CO. KG, KIEL: S. 14 / HEIKO HAAS, NETZE BW GMBH, STUTTGART: S. 19 / THOMAS HÖRNER, STUTTGART: S. 18, 22, 23 / STEAG POWER MINERALS GMBH – PHOTOMENT®: S. 23 // DRUCK : DRUCKEREI TIEMANN GMBH & CO. KG, BIELEFELD // PAPIER : CIRCLE SILK • 100% RECYCLING • UMWELTZERTIFIZIERT FSC® C008984 EU ECOLABEL // COPYRIGHT : TIEFBAUAMT • STADTENTWÄSSERUNG STUTTGART (SES), 6 / 2018 • ALLE RECHTE VORBEHALTEN