

Das neue Energiemanagementsystem

Die Landeshauptstadt Stuttgart strebt an, bis zum Jahr 2035 klimaneutral zu sein. Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es, elektrische und thermische Energie einzusparen bzw. effizient zu nutzen sowie erneuerbare Energiesysteme auszubauen. Auch die Stadtentwässerung Stuttgart (SES), als Eigenbetrieb der Stadt, unterstützt dieses Vorhaben und hat deshalb im Jahr 2020 für die von ihr betriebenen Abwasserreinigungsanlagen, den Kanalbetrieb sowie die Klärschlammverbrennung ein neues Energiemanagementsystem (EnMS) eingeführt. Dieses soll künftig in das bereits bestehende Umwelt- und Qualitätsmanagement der SES integriert werden, wodurch ähnliche Strukturen genutzt und gebündelt werden können.

Wo wir stehen

Die SES ist derzeit mit ihren vier Klärwerken einer der größten kommunalen Stromverbraucher. So entfallen auf die Abwasserbehandlung rund 20 Prozent der gesamten Stromkosten aller öffentlichen Einrichtungen. Allein für die Belüftung der Belebungsbecken der biologischen Reinigungsstufe im Hauptklärwerk Mühlhausen werden jährlich rund 11.000 MWh an elektrischer Energie benötigt. Dies ent-

spricht in etwa dem durchschnittlichen Stromverbrauch von 3.000 Vier-Personen-Haushalten pro Jahr. Umso wichtiger ist es für den Klärwerksbetreiber, die Energieeffizienz und den Energieeinsatz nachhaltig zu optimieren, den Energiebedarf zu reduzieren sowie die Eigenstromproduktion kontinuierlich zu steigern.

Was wir vorhaben

Einen Teil ihres Energiebedarfs decken die Klärwerke der SES bereits heute durch Eigenproduktion. So wird im Rahmen der Abwasserbehandlung auch Energie freigesetzt, die in Form von Strom und Wärme direkt genutzt werden kann. Das neue Energiemanagementsystem ermöglicht, die vorhandenen Energieströme effizienter zu steuern, effektiver zu nutzen und zu optimieren.

Das setzt voraus, dass die relevanten Energieflüsse erfasst und kontinuierlich und verlässlich gemessen werden. Zu diesem Zweck wird von der SES in Zusammenarbeit mit einem externen Ingenieurbüro derzeit ein Messkonzept für die Aufnahme der energetischen Ausgangsbasis entwickelt. So gilt es, die energetischen Hauptverbraucher auf den Klärwerken zu identifizieren und die

erforderliche Messtechnik zu benennen, um diese Verbraucher über Kennzahlen entsprechend erfassen zu können. Es ist zu erwarten, dass der überwiegende Teil der Messtechnik zwar bereits besteht, die vorhandenen Werte müssen jedoch auf Plausibilität überprüft werden.

Das Projekt gliedert sich in zwei Abschnitte. Derzeit wird zunächst ein Messkonzept für die elektrische Energie erarbeitet. Ab Frühjahr 2023 folgt dann ein Messkonzept für die thermische Energie. Nach dem Abschluss des Projekts wird es den EnMS-Verantwortlichen bei der SES möglich sein, die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch zu identifizieren. Darauf aufbauend können Maßnahmen abgeleitet werden, um die Energieeffizienz zu steigern. Die Umsetzungen müssen regelmäßig kontrolliert und neue Energieziele formuliert werden.

Energiebilanz Stuttgarter Klärwerke

Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen

Im Hauptklärwerk Stuttgart-Mühlhausen (HKW) werden täglich 170.000 m³ bis 190.000 m³ Abwasser mechanisch und biologisch gereinigt. Der dafür benötigte Energieeinsatz belief sich in den Jahren 2020 und 2021 auf knapp 30.000 MWh. Gleichzeitig standen im HKW zwei Blockheizkraftwerke zur Verfügung. Bei einem Faulgaseinsatz von ca. 2,9 Mio. m³ im Jahr 2020 lieferten diese rund 7.200 MWh an elektrischer Energie. Für das Jahr 2021 lag der Faulgasverbrauch bei 2,6 Mio. m³ und der daraus resultierende Energieertrag bei rund 6.400 MWh. Somit werden durchschnittlich ca. 23 Prozent des Energiebedarfs durch die Eigenstromerzeugung gedeckt. Um diese zu steigern, sind in den nächsten Jahren neben zahlreichen kleineren Maßnahmen auch mehrere Großprojekte geplant. Dazu gehören der Einsatz eines weiteren leistungsstärkeren Blockheizkraftwerks und die Errichtung einer BHKW-Zentrale. Damit wird es künftig möglich sein, das vorhandene Klärgas noch effizienter zur Strom- und Wärmeerzeugung einzusetzen. Die darüber hinaus geplante Erneuerung der Biologie Süd führt zu einer langfristigen Effizienzsteigerung sowohl bei der Abwasserreinigung als auch beim Energieverbrauch. Und schließlich soll über

den Klärbecken der Biologien Nord und Süd je ein Solarfaldach installiert werden. Diese innovativen Projekte vereinen Ökologie, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. So ist zu erwarten, dass der jährliche Energieertrag eines Solarfaldachs bei knapp 2 MWh liegen wird. Darüber hinaus bietet das Solarfaldach Schutz vor Hitze, spendet Schatten und reduziert somit auch das Algenwachstum in den Becken. Durch energetische Optimierungsmaßnahmen und durch die Umsetzung der neuen Projekte ist von einer Steigerung der Eigenstromerzeugung im HKW bis zum Jahr 2035 auf 90 Prozent auszugehen.

Klärwerk Möhringen

Das Klärwerk Möhringen verfügt derzeit über drei Blockheizkraftwerke. Diese erbrachten in den Jahren 2020 und 2021 bei einer Verstromung von 715.000 m³ bzw. 625.000 m³ Faulgas 1.412 MWh bzw. 1.229 MWh an elektrischer Energie. Für die Reinigung des täglich anfallenden Schmutzwassers (19.000 m³ bis 21.000 m³) wurden auf dem Klärwerk Möhringen im Jahr 2020 rund 2.208 MWh und im Jahr 2021 ca. 2.045 MWh benötigt. Damit hätten allein anhand der Eigenstromerzeugung durch die Blockheiz-

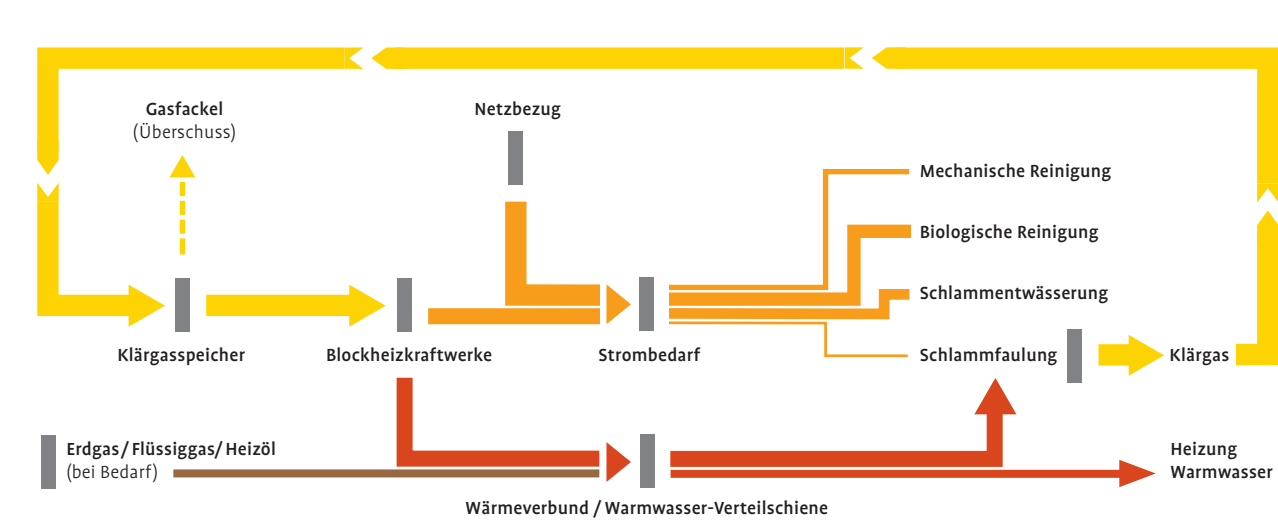
kraftwerke durchschnittlich 62,1 Prozent der für die Abwasserbehandlung aufzubringenden Energie gedeckt werden können. Da die von den BHKW gelieferte elektrische Energie allerdings teilweise höher ausfällt als der zeitliche Bedarf auf dem Klärwerk benötigte Energiebedarf, erfolgte in den Jahren 2020 und 2021 eine Rückspeisung von rund 15.600 kWh in das öffentliche Netz. Dies sind ca. 0,6 Prozent der intern über die BHKW erzeugten Energie. Um Rückspeisungen künftig zu vermeiden, soll im Zuge des geplanten Um- und Neubaus der Kläranlage Möhringen auch ein Lastmanagement eingeführt werden.

Seit 2021 ist auf dem Klärwerk Möhringen zudem eine Photovoltaik-Anlage im Einsatz. Diese lieferte im ersten Jahr rund 51.180 kWh Strom. Davon wurden ca. 33.500 kWh ebenfalls in das öffentliche Netz zurückgespeist. Insgesamt konnten somit in den letzten beiden Jahren im Klärwerk Möhringen durch den Einsatz der BHKW sowie der Photovoltaik-Anlage knapp 2.700 MWh Strom intern erzeugt werden. Dies entspricht einer Eigenstromproduktion von 63,5 Prozent.

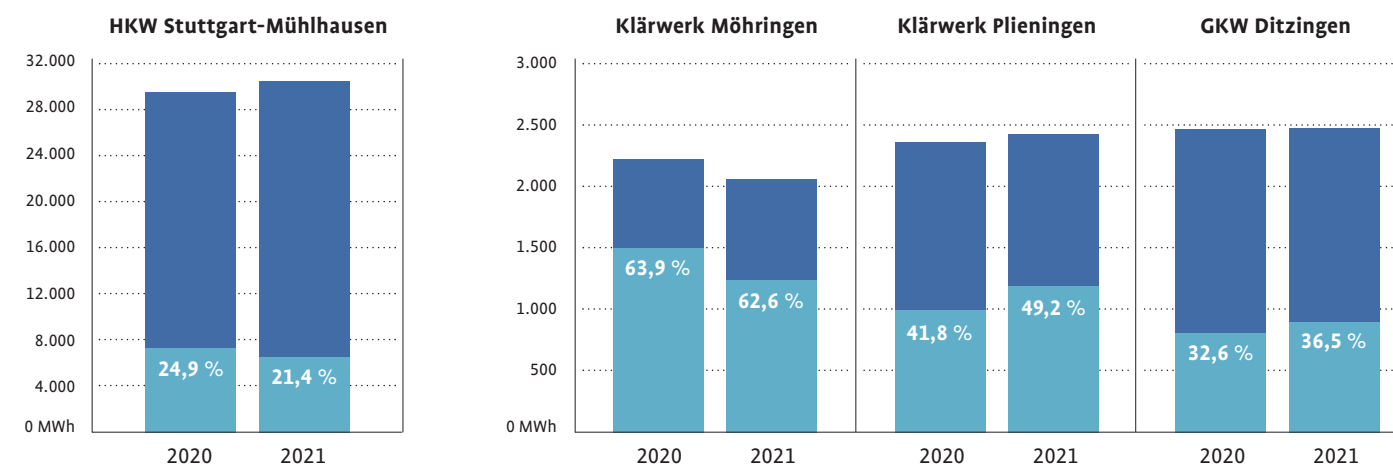
Abb. rechts: GWK Ditzingen, im Vordergrund die mechanisch-biologische Reinigungsstufe.



Energieflüsse Stuttgarter Klärwerke



Stromverbrauch gesamt (MWh) und Eigenstromerzeugung gesamt (MWh) und Anteil am Gesamtstromverbrauch (in Prozent)



Klärwerk Plieningen

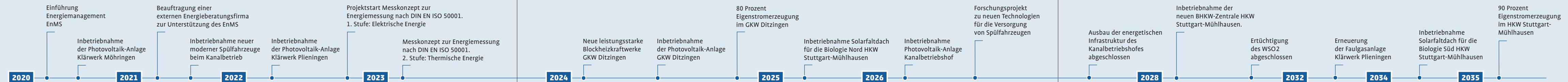
Der Stromverbrauch des Klärwerks Plieningen belief sich für das Jahr 2020 auf 2.354 MWh, für das Jahr 2021 auf 2.415 MWh. Diese elektrische Energie wurde benötigt, um täglich eine Abwassermenge von 17.000 m³ bis 21.000 m³ entsprechend den gesetzlichen Vorgaben zu behandeln. Neben dem häuslichen und dem industriellen Schmutzwasser nimmt das Klärwerk Plieningen auch das Enteisungswasser des Flughafens in Echterdingen auf. Zur Stromerzeugung stehen drei Blockheizkraftwerke zur Verfügung. Diese lieferten im Jahr 2020 bei einem Faulgaseinsatz von ca. 564.000 m³ rund 986 MWh an elektrischer Energie. Für das Jahr 2021 resultieren 1.188 MWh, wobei knapp 647.000 m³ Faulgas verstromt worden sind. Mit der in den Jahren 2020 und 2021 intern erzeugten elektrischen Energie war es möglich, den für die Abwasserbehandlung benötigten

Energiebedarf zu durchschnittlich 45,5 Prozent aus der Eigenstromproduktion zu decken. Nach der für das Jahr 2032 geplanten Erneuerung der Faulgasanlage ist von einer weiteren Steigerung auszugehen. Seit Juni 2022 ist auf dem Klärwerk Plieningen zudem eine Photovoltaik-Anlage im Einsatz. Erste verlässliche Daten zu deren Stromerzeugung sind für Ende 2022 zu erwarten.

Gruppenklärwerk Ditzingen

Bereits im Jahr 1988 wurde von der SES erstmalig im Gruppenklärwerk Ditzingen (GKW) ein BHKW in Betrieb genommen. Heute sind dort zwei Blockheizkraftwerke im Einsatz. Diese lieferten im Jahr 2020 802 MWh und im Jahr 2021 899 MWh an elektrischer Energie. Die dafür eingesetzte Faulgasmenge betrug ca. 489.000 m³ (2020) bzw. 572.100 m³ (2021). Im Vergleich

weisen die im Gruppenklärwerk Ditzingen vorhandenen Blockheizkraftwerke einen deutlich geringeren elektrischen Wirkungsgrad auf. Deshalb ist geplant, diese bis zum Jahr 2024 durch leistungsstärkere Einheiten zu ersetzen. Der Energieeinsatz für die Reinigung der in den letzten beiden Jahren täglich anfallenden Abwassermenge von 16.000 m³ bis 18.000 m³ betrug im Gruppenklärwerk Ditzingen sowohl im Jahr 2020 als auch im Jahr 2021 knapp 2.500 MWh. Somit liegt zum jetzigen Zeitpunkt ausschließlich eine Eigenstromerzeugung von durchschnittlich 34,5 Prozent vor. Allerdings soll im Gruppenklärwerk Ditzingen bis spätestens 2024 eine leistungsstarke Photovoltaik-Anlage auf dem Gebiet der ehemaligen Schlamm-trocknungsfeldern installiert werden. Mit dieser großen Anlage ist eine Eigenstromerzeugung bis zu 80 Prozent zu erwarten.



Die Klärwerke als Energieerzeuger



Im Klärprozess wird viel Energie unter anderem für die Rechen- und Sandfanganlagen, die Belüftung der Belebungsbecken, die Pumpenförderung des Abwassers und des Schlammes sowie die Schlammwässerung mit Zentrifugen benötigt. Die vor der Verbrennung des Schlammes notwendige Ausfäulung in den Faultürmen liefert allerdings auch Energie. So besteht das bei der Faulung frei werdende Faulgas zu rund 60 Prozent aus gut brennbarem Methan. Dieses wird zur Erzeugung von thermischer und elektrischer Energie in Blockheizkraftwerken (BHKW) eingesetzt. Dabei bedienen sich BHKW der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung. Das heißt, das eingesetzte

Abb.: Hauptklärwerk Mühlhausen Blockheizkraftwerk.

Faulgas treibt einen (oder mehrere) Verbrennungsmotoren und einen Generator an, der die mechanische Energie in Strom umwandelt. Daneben wird die anfallende Wärme der Abgase und des Kühlwassers über einen Wärmetauscher in den klärwerksinternen Wärmeverbund weitergeleitet.

Der durchschnittliche elektrische Wirkungsgrad der auf den Stuttgarter Klärwerken eingesetzten Blockheizkraftwerke liegt – je nach Leistungsfähigkeit und Alter – bei 25 bis 45 Prozent. Beim thermischen Wirkungsgrad werden Werte von rund 50 Prozent erzielt. So reicht auch die von den vorhandenen Blockheizkraftwerken erzeugte thermische Energie weitestgehend aus, um sowohl die Faultürme als auch die Betriebsgebäude der Stuttgarter Klärwerke mit Wärme zu versorgen. Zudem dient sie der Warmwasseraufbereitung. Durch die produzierte Prozesswärme sind die Stuttgarter Klärwerke schon heute praktisch unabhängig von Erdgas und Heizöl.

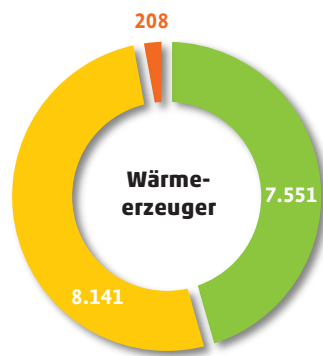
Die Wärmeversorgung

Sowohl in den Klärwerken Möhringen und Plieningen als auch im Gruppenklärwerk Ditzingen wird die von den Motoren der Blockheizkraftwerke erzeugte Abwärme über Wärmetauscher in eine Warmwasser-Verteilerschleife eingespeist und von dort an die entsprechenden Verbraucher weitergeleitet. Zu letzteren gehören die Faultürme, die Betriebs- und Sozialgebäude einschließlich Rechen- und Sandfanganlage sowie die Trinkwassererwärmung. Sofern die Abwärme der BHKW für die Wärmeversorgung nicht ausreichen sollte, kann die Warmwasser-Verteilerschleife zusätzlich über Heizkessel, die mit Klärgas, Erdgas oder Propangas betrieben werden, mit Warmwasser beschickt werden.

Demgegenüber verfügt das Hauptklärwerk Mühlhausen über ein Wärmeverbundsystem. Dabei wird die von den Wärmeerzeugern freigesetzte Abwärme über ein zentrales Heizwassernetz an die Wärmeverbraucher abgegeben. Die Wärmeerzeugung erfolgt einerseits über Wärmetauscher in den Blockheizkraftwerken. Andererseits macht man sich aber auch die Abwärme der Wirbelschichtöfen der auf dem Gelände des Hauptklärwerks Mühlhausen vorhandenen Klärschlammverbrennung zunutze. Die Klärschlammverbrennung arbeitet mit zwei Wirbelschichtöfen, dem WSO 2 und dem WSO 3. Deren Abwärme wird über Brüdenwärmetauscher ebenfalls in den Wärmeverbund eingespeist. Der im Jahr

Hauptklärwerk Mühlhausen: Erzeugte und verbrauchte Wärme im Jahr 2020 in GWh

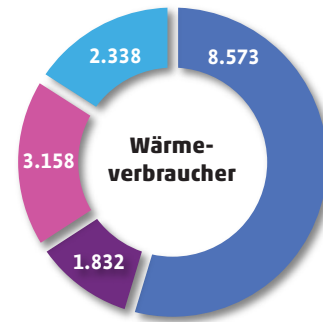
- Blockheizkraftwerke
- WSO 2/3 + Dampfturbine
- Ölbrenner



2007 in Betrieb genommene WSO 3 verfügt zudem über ein Dampf-Kondensat-System mit angeschlossener Dampfturbine. Dadurch ist es möglich, den durch die thermische Energie im Klärschlammverbrennungsprozess entstehenden Heißdampf nicht nur zur Strom-, sondern auch zur Wärmeerzeugung zu nutzen. Bei einem Ausfall von Wärmequellen kann ferner auf einen Ölbrenner zurückgegriffen werden.

Im Jahr 2020 belief sich der Wärmeverbrauch des Hauptklärwerks Mühlhausen auf rund 15.900 GWh. Davon entfiel der größte

- Faultürme
- Rechen- und Sandfanganlagen
- Trinkwassererwärmung
- Betriebs- und Sozialgebäude/Sonstiges



Anteil mit knapp 53,9 Prozent auf die Beheizung der Faultürme sowie die Trinkwassererwärmung mit 19,9 Prozent. Der Rest von 26,2 Prozent verteilt sich auf die beiden Rechen- und Sandfanganlagen, die Betriebs- und Sozialgebäude sowie die Klärschlammannahme. Dem steht eine Wärmeerzeugung durch die Blockheizkraftwerke von 7.551 GWh und die Wirbelschichtöfen einschließlich Dampfturbine von 8.141 GWh gegenüber. Somit mussten lediglich 208 GWh bzw. 1,3 Prozent des gesamten Wärmeverbrauchs durch den Einsatz des Ölbrenners gedeckt werden.

Kanalbetrieb

Der Kanalbetrieb der SES ist zuständig für die Inspektion und Wartung des rund 1.700 km langen Stuttgarter Kanalnetzes einschließlich sämtlicher Sonderbauwerke. Dazu gehören Pumpwerke und die Einrichtungen zur Regenwasserbehandlung wie Regenüberlaufbecken und -kanäle. Sowohl die Kanäle als auch die Sonderbauwerke müssen regelmäßig gereinigt werden, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Umgerechnet auf die Einheit MWh war dafür im Jahr 2020 ein Energieeinsatz von 843 MWh Diesel und 22 MWh

Abb.: Kanalspülfahrzeug mit Wasserrückgewinnung.



Ausblick

Für eine effiziente Abwasserreinigung und -abfuhr werden eine Vielzahl unterschiedlicher Einrichtungen und elektrischer Aggregate benötigt, die teilweise mit einem hohen Stromverbrauch einhergehen. Um diesen zu minimieren und die Eigenstromerzeugung zu maximieren, sind von der SES in den nächsten Jahren größere Maßnahmen wie die Modernisierung der Blockheizkraftwerke, die Installation von Photovoltaik-Anlagen oder Solarfaltgedächern über den Belebungsbecken geplant. Daneben tragen aber auch zahlreiche kleinere Umstellungen wie der Austausch einzelner stromintensiver Aggregate oder die Steuerung des Energieflusses anhand

eines effektiven Lastmanagements unmittelbar dazu bei, den Stromverbrauch zu reduzieren. Diesem Aspekt soll durch das neu eingeführte Energiemanagementsystem künftig stärker Rechnung getragen werden. Das kontinuierliche Monitoring und Erfassen der relevanten elektrischen Verbrauchsdaten und eine darauf aufbauende gezielte Entwicklung und Umsetzung von Programmen und Maßnahmen, die einen effizienteren Energieeinsatz ermöglichen, helfen Kosten zu senken, Ressourcen zu schonen und den CO₂-Ausstoß zu verringern, das heißt langfristig nachhaltig zu handeln.

Benzin notwendig. Um diesen Energieeinsatz zu minimieren, wurde der Fuhrpark des Kanalbetriebs Ende 2021 mit zwei neuen Kamerafahrzeugen sowie drei neuen Kanalspülfahrzeugen nach dem aktuellen Stand der Technik ausgerüstet. Letztere arbeiten nach dem Prinzip der Wasserrückgewinnung. Dabei wird das eingesaugte Abwasser und Feststoffgemisch in einer speziellen Vorrichtung im Fahrzeug vom Kanalraum getrennt und kann anschließend wieder für das Säubern und Reinigen des Kanals eingesetzt werden. Dadurch ist es möglich, den für die Kanalreinigung benötigten Trinkwasserverbrauch erheblich zu reduzieren.

Darüber hinaus ist geplant, bis spätestens 2026 die energetische Infrastruktur des Kanalbetriebs so auszubauen, dass genügend Ladesäulen für E-Fahrzeuge bereitgestellt werden können. In Kombination mit der Installation einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Betriebsgebäudes wird es dann möglich sein, die im Kanalbetrieb vorhandenen Fahrzeuge sukzessiv durch E-Fahrzeuge zu ersetzen und mit selbst erzeugtem Strom zu versorgen.



Abb.: Übergabe der neuen Kanalspülfahrzeuge an den Kanalbetrieb.

Titelbild: Klärwerk Plieningen, Photovoltaik-Anlage.



Herausgeber: Tiefbauamt / Stadtentwässerung Stuttgart (SES)
Konzeption, Texte und Tabellen: Dr. Margit Popp,
GOE Gesellschaft für Organisation und Entscheidung, Stuttgart
© Fotos: SES / Michael Fuchs (www.michaelfuchs-fotografie.de)
Satz und Gestaltung: Jörg Aufdemkamp, Bielefeld,
© Schemata Energieströme, Seite 2, Zeitleiste Seite 2-4.
Gedruckt auf Circlisilk Premium White – FSC®.
Druck und Verarbeitung: Druckerei Becker GmbH, Löhne
Alle Rechte vorbehalten, 12/2022

