Stadt Erlangen

Klärwerk Erlangen

Gemeinsam für sauberes Wasser

EBE Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen

Das Klärwerk Erlangen an der Regnitz gehört zu den modernsten Abwasserreinigungsanlagen Deutschlands.

Das Klärwerk Erlangen – gestern, heute, morgen

In dem vom Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen (EBE) betriebenen Klärwerk Erlangen werden täglich rund 35.000 m³ Schmutzwasser einer mechanischen, biologischen und chemischen Behandlung unterzogen und die gereinigten Abwässer anschließend der Regnitz zugeführt.

Das Einzugsgebiet des Klärwerks erstreckt sich von Eckenhaid (Markt Eckental) im Osten bis Sintmann (Markt Weisendorf) im Westen und von Kleinseebach (Gemeinde Möhrendorf) im Norden bis zum Erlanger Stadtteil Hüttendorf im Süden.

Das Kanalnetz des Entwässerungsbetriebs hat eine Länge von rund 410 km. Auf seinem Weg zum Klärwerk passiert das Abwasser dort 9.737 Schächte, 40 Entlastungsbauwerke wie Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken und 22 Pumpwerke.

Im Klärwerk Erlangen kann heute das Schmutzwasser von bis zu 350.000 Einwohnerwerten, das heißt natürliche Einwohner und Gewerbebetriebe, gereinigt werden. Angeschlossen sind derzeit rund 269.000 Einwohnerwerte, darunter mit den Gemeinden Bubenreuth, Buckenhof und Möhrendorf sowie dem AV Schwabachtal und dem AV Seebachgrund auch fünf Abwasserpartner. Zu den größten gewerblichen Einleitern im Stadtgebiet gehören die Kliniken und die Einrichtungen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Bereits im Jahr 2000 wurde für den EBE mit dem Aufbau eines Umwelt- und Qualitätsmanagements nach DIN EN ISO 9001 und DIN EN ISO 14001 begonnen. Dessen erfolgreiche Erst-Zertifizierung erfolgte im Jahr 2003. Seit 2010 ist zudem das Arbeitssicherheitsmanagement nach OHRIS zertifiziert. Der EBE konnte darüber hinaus im Jahr 2015 als erster bayrischer Abwasserentsorger eine Zertifizierung des betrieblichen Energiemanagements nach DIN EN ISO 50001 erlangen.

Wie alles begann

Bis Anfang der 1950er Jahre wurde zwar das Kanalnetz der Stadt Erlangen entsprechend den steigenden Einwohnerzahlen sukzessiv ausgebaut und waren mehrere kleinere Behelfskläranlagen in einzelnen Stadtgebieten vorhanden, nach wie vor gelangte aber ein Großteil der Abwässer ungereinigt in die Regnitz. Das änderte sich erst im Jahr 1957 als die Erlanger Zentralkläranlage am heutigen Standort ihren Betrieb aufnahm. Die damalige Ausbaugröße betrug 60.000 Einwohnerwerte. Bereits in den Jahren 1963 bis 1978 war die erste Erweiterung des Klärwerks erforderlich. Diese bestand aus dem Bau einer zweiten biolo-

gischen Reinigungsstufe, eines weiteren Faulturms und zweier Tropfkörper sowie der Schlammentwässerung. Weitere Maßnahmen und Erweiterungen folgten. Schließlich entschloss man sich im Jahr 2003 – nicht zuletzt aufgrund der ständig steigenden gesetzlichen Anforderungen an die Abwasserreinigung – das Klärwerk von Grund auf neu zu gestalten und zu einer einstufig biologischen Anlage nach dem Belebtschlammverfahren umzubauen. Dafür wurden bei laufendem Betrieb die Tropfkörper abgerissen, neue Becken errichtet und vorhandene Becken zu Nitrifikations- und Denitrifikationsbecken umgebaut. Die Maßnahme konnte im Jahr 2008 erfolgreich abgeschlossen werden. Bis 2014 erfolgten darüber hinaus der Neubau der mechanischen Reinigung und die Sanierung und der Umbau der Faulung.

Ausbaukonzept 2030

Um für die Zukunft gerüstet zu sein, startete der Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen im Jahr 2013 mit dem energiewirtschaftlichen und wasserrechtlichen Ausbaukonzept 2030. Dieses beinhaltet nicht nur eine stetige Verbesserung der Reinigungsleistung, sondern berücksichtigt auch die weitere energetische Optimierung bei der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung. Organisatorisch werden alle Maßnahmen und Projekte durch das integrierte Energie-, Qualitäts-, Umwelt-, und Sicherheitsmanagementsystem (EQUS) unterstützt, das Energieerzeugung und -verbrauch als wesentlichen Umweltaspekt berücksichtigt. Das Ziel ist es, zum Wohl der Bürgerschaft langfristig nachhaltig zu wirtschaften.

Energiebewusste Abwasserreinigung

Klärwerke gehören zu den größten kommunalen Energieverbrauchern. Insbesondere für die Belüftung der Belebungsbecken mit Sauerstoff wird eine große Menge an elektrischer Energie benötigt. Auf der anderen Seite erzeugen Klärwerke aber auch Energie. So muss der regelmäßig aus den Becken der Abwasserreinigung abgezogene Schlamm vor seiner weiteren Entsorgung zunächst in den Faultürmen ausgefault werden. Dabei wird Faulgas freigesetzt, das zu rund 60 % aus gut brennbarem Methan besteht. Dieses wird zur Erzeugung von thermischer und elektrischer Energie in einer Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlage eingesetzt. Das der KWK-Anlage zugeführte Faulgas treibt dort Generatoren an, welche die mechanische Energie in Strom umwandeln. Gleichzeitig kann die anfallende Wärme der Abgase und des Kühlwassers der KWK-Anlage über einen Wärmetauscher an Wärmeverbraucher im Klärwerk wie die Faultürme oder die Warmwasseraufbereitung weitergeleitet werden.

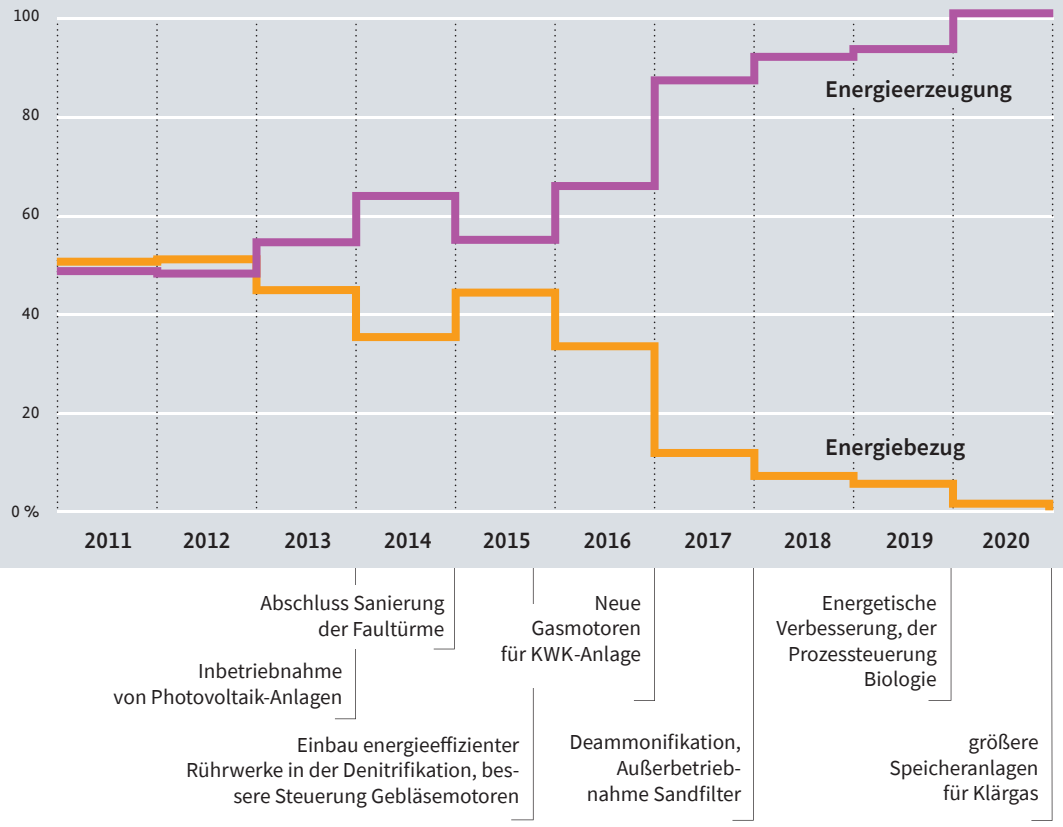
Drei Gasmotoren mit je 600 kW Nennleistung erzeugen rund 5,4 Mio. kWh Strom pro Jahr.

Oben: Die über die Gasmotoren anfallende Abwärme wird anschließend verbrauchsspezifisch weiterverteilt.

In den Faultürmen werden jährlich rund 2,4 Mio. m^3 Klärgas gewonnen.

Links: Solardach über dem Maschinenhaus 4.

Zum Wohl der Umwelt, des Klimas und der Beitrags- und Gebührenzahler wurde auf dem Klärwerk Erlangen bereits im Jahr 2006 damit begonnen, die Energieeffizienz nachhaltig zu optimieren und den Energieeinsatz systematisch zu minimieren. Dies bedeutet:



1

Jegliche Umbauten im Klärwerk werden dazu genutzt, die Messtechnik zu verbessern, damit der Energieverbrauch der einzelnen Aggregate und Prozesse besser analysiert werden kann und Optimierungspotentiale ersichtlich werden

2

Seit 2014 werden bei allen Neu- und Umbauten im Klärwerk auf Dachflächen Photovoltaik-Anlagen installiert, mit denen zusätzliche elektrische Energie für den Anlagenbetrieb gewonnen wird.

3

Bei allen laufenden Maßnahmen kommen möglichst energieeffiziente Aggregate zum Einsatz, um den Energieverbrauch weiter zu reduzieren.

Energieneutrales Klärwerk

Während in den Jahren vor 2013 die Eigenstromerzeugung noch unter 50 % lag, konnte diese nach Abschluss der mehrjährigen Sanierungsarbeiten an den Faultürmen kontinuierlich gesteigert werden. Dies wurde durch zahlreiche größere und kleinere Maßnahmen erreicht. Zu letzteren gehören beispielsweise auch der laufende Austausch der Beleuchtung auf LED-Leuchtmittel und die Umrüstung der Fahrzeugflotte auf Elektroautos. Darüber hinaus sind seit Ende 2016 drei neue effizientere Gasmotoren in der KWK-Anlage im Einsatz. Im Jahr 2017 konnte allein durch verfahrenstechnische Neuerungen bzw. Umstellungen der Energiebedarf der Anlage um rund 1 Mio. kWh im Jahr reduziert werden. Zum einen handelt es sich dabei um die Teilstrombehandlung der bei der Schlammentwässerung anfallenden Stickstofffrachten (Deammonifikation). Zum anderen wurde die der Nachklärung nachgeschaltete Sandfilteranlage im Normalbetrieb abgestellt und zwar ohne, dass die abwasserrelevanten Grenzwerte überschritten werden.

Die kontinuierlich vorgenommenen energetischen Verbesserungen haben dazu geführt, dass das Klärwerk Erlangen seit 2020 energieneutral arbeitet. Das heißt, die für die Abwasserreinigung benötigte elektrische und thermische Energie werden durch die Nutzung des Faulgases und durch Photovoltaik vollständig eigenständig gedeckt. Aufgrund seiner außergewöhnlichen Leistungen bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wurde dem Entwässerungsbetrieb Erlangen 2019 die Auszeichnung „energie.effizienz.gewinner“ der ENERGIEregion Nürnberg e.V. verliehen.

Antriebsmotor für die Rührwerke in der Denitrifikation.

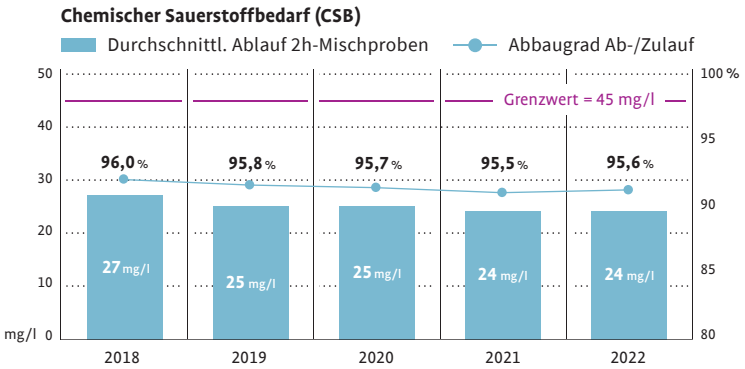
Reinigungsleistung auf hohem Niveau

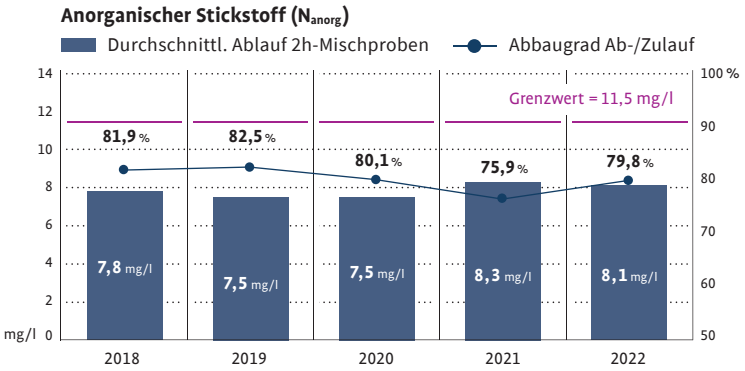
Um gereinigtes Abwasser in Gewässer einleiten zu dürfen, bedarf es nicht nur einer wasserrechtlichen Genehmigung, sondern es müssen auch Mindestanforderungen bzw. Grenzwerte für abwasserrelevante Schadstoffe eingehalten werden. Dabei handelt es sich um die Schadstoffe **Chemischer Sauerstoffbedarf** (CSB), **Ammoniumstickstoff** (NH_4), **Anorganischer Stickstoff** (N_{anorg}) als Summe aus Ammonium-, Nitrat- und Nitritstickstoff sowie **Gesamtphosphor** (P_{ges}).

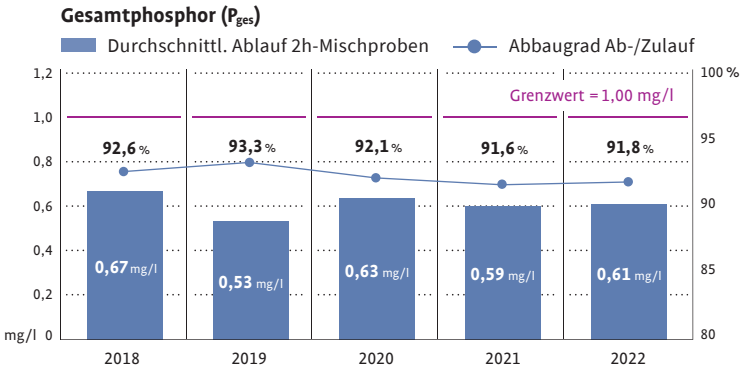
Aufgrund der geographischen Lage am Nordrand der Metropolregion Nürnberg und der abflussschwachen Gewässerfolge Regnitz-Main-Rhein gelten für das Klärwerk Erlangen besonders hohe Anforderungen an die Qualität des in die Regnitz eingeleiteten Abwassers. So muss das gereinigte Abwasser in den im Ablauf über zwei Stunden gezogenen Mischproben für CSB eine Konzentration ≤ 45 mg/l und für P_{ges} ≤ 1 mg/l aufweisen. Für NH_4 darf im Überwachungszeitraum Mai bis Oktober in der 2h-Mischprobe ein Konzentrationswert von 5 mg/l und für N_{anorg} von 11,5 mg/l im Ablauf nicht überschritten werden.

Neben der Einhaltung der geforderten Grenzwerte stellt auch der Abbaugrad eines Schadstoffes einen wichtigen Indikator für die Reinigungsleistung einer Kläranlage dar. Der Abbaugrad wird ermittelt aus dem Verhältnis von Ablauf- und Zulauffrachten.

Die Abbildungen geben für die Jahre 2018 bis 2022 für die Schadstoffe CSB, N_{anorg} und P_{ges} die anhand von 2h-Mischproben ermittelten durchschnittlichen Ablaufkonzentrationen sowie den Abbaugrad wieder. Wie aus den Abbildungen ersichtlich, wird bei allen Schadstoffparametern der Grenzwert deutlich unterschritten. Die Restverschmutzung des gereinigten Abwassers kann durchgängig als sehr gering bis gering eingestuft werden. Beim Abbaugrad wird für CSB durchgängig ein Wert ≥ 95,5 % erzielt. Damit liegt das Klärwerk Erlangen nach dem Leistungsvergleich der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall bundesweit im Spitzenbereich. Letzteres gilt auch für P_{ges} mit einem durchschnittlichen Abbaugrad von 92,3 %. Für N_{anorg} unterschreiten in allen Jahren die in den 2h-Mischproben ermittelten Ablaufkonzentrationen die für Bayern landesweit vorliegenden Durchschnittswerte um bis zu 0,90 mg/l.







Blick auf die Belebungsbecken für die Nitrifikation.

Umweltschonende Schlammbehandlung

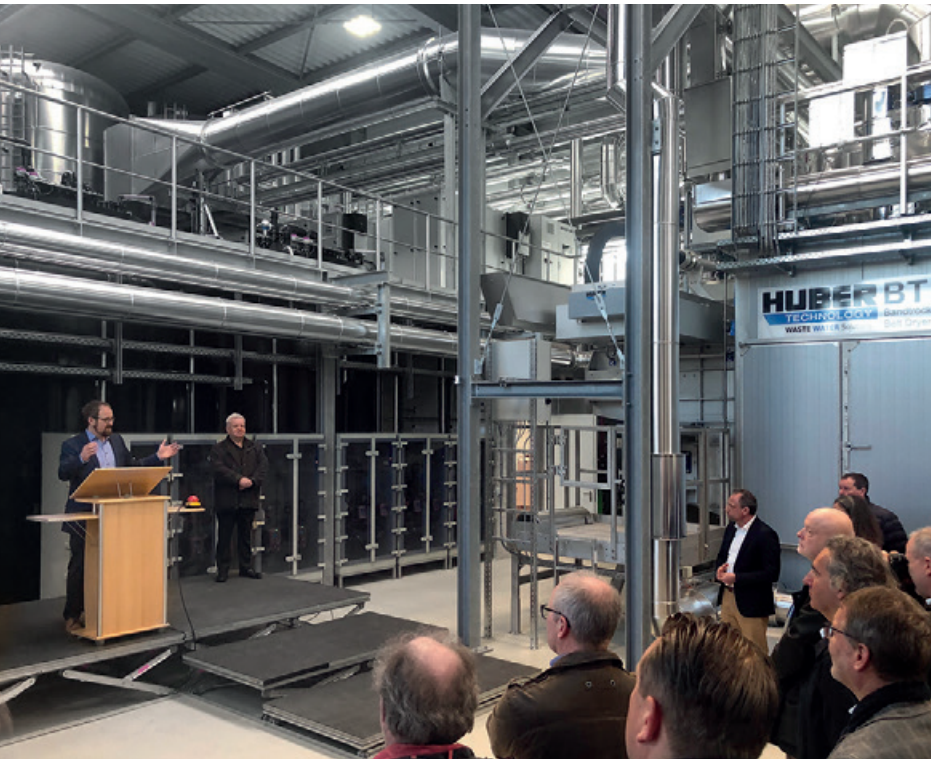
Seit 1997 wird der auf dem Klärwerk Erlangen als Endprodukt der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm thermisch entsorgt. Allerdings hat die im März 2017 in Kraft getretene novellierten Abfallklärschlammverordnung zu einer veränderten Marktsituation geführt.

Ausschlaggebend dafür ist, dass nach den Vorgaben der novellierten Abfallklärschlammverordnung ab 01.01.2029 einerseits die bodenbezogene Verwertung des Klärschlamms gänzlich untersagt ist und andererseits die Betreiber von Abwasserreinigungsanlagen ab diesem Datum verpflichtet sind, Phosphor aus Klärschlamm oder Klärschlammasche zurückzugewinnen, sofern der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von mehr als 20 Gramm je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Der Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen hat sich deshalb dazu entschlossen, nicht nur die Kosten für die thermische Verwertung durch eine regenerative Klärschlammtrocknung zu minimieren, sondern zusätzlich auch die Phosphorrückgewinnung eigenständig durchzuführen.

Regenerative Schlammtrocknung

Die neue regenerative Trocknungsanlage auf dem Klärwerk Erlangen ist am 26.04.2023 mit einem Festakt in Begleitung des bayerischen Umweltministers Thorsten Glauber offiziell in Betrieb genommen worden. Bisher wurde im Klärwerk Erlangen der aus den Faultürmen entnommene Faulschlamm vor seiner weiteren externen thermischen Verwertung lediglich mit Hochleistungszentrifugen auf einen Feststoffanteil von ca. 28 % entwässert, dass heißt der verbleibende Klärschlamm wies nach wie vor einen hohen Wassergehalt von rund 72 % auf. Mit dem neuen Bandtrockner ist nun eine kontinuierliche Trocknung auf über 90 % Feststoffanteil möglich. Dadurch verringert sich die zu entsorgende Klärschlammmenge um 70 %.

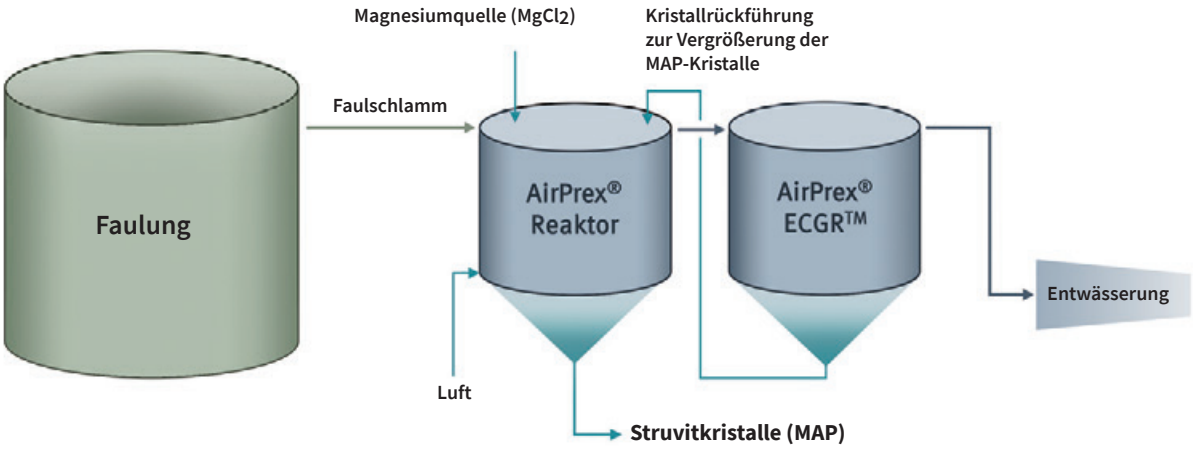
Dabei arbeitet der neue Bandtrockner vollständig CO_2-neutral. So wird die für die Trocknungsanlage benötigte thermische Energie zu 100 % regenerativ durch Wärmeerzeugung von der KWK-Anlage und unter Einsatz von Hochtemperaturwärmepumpen durch Wärmerückgewinnung aus anderen Quellen gewonnen. Auch der elektrische Energiebedarf wird durch die Verstromung des Faulgases in der KWK-Anlage und durch die Photovoltaik-Anlagen vollständig regenerativ erzeugt.



Da zudem für den Abtransport des getrockneten Schlamms weniger LKW-Fuhren erforderlich sind, können gemeinsam mit der Verwendung der regenerativen Energiequellen jährlich Emissionen in Höhe von 18.000 Tonnen CO_2-Äquivalenten dauerhaft eingespart werden.

Einweihungsfeier
für den neuen Bandtrockner
am 26. April 2023.

Phosphorrückgewinnung nach dem AirPrex® Macro-Verfahren auf dem Klärwerk Erlangen



Phosphorrückgewinnung

Phosphorverbindungen sind für alle Lebewesen essentiell und beim Aufbau und bei der Funktion der Organismen in zentralen Bereichen beteiligt. Zudem ist Phosphor für den Zellaufbau und den Stoffwechsel jedes Lebewesens unverzichtbar und ein wichtiger Nährstoff in der Landwirtschaft. Allerdings handelt es sich um einen endlichen Rohstoff, dessen größte natürliche Vorkommen in zum Teil politisch instabilen Ländern wie beispielsweise Marokko, Westsahara, Syrien oder auch China zu finden sind. Daher gilt es, Phosphorverluste zu vermeiden.

Behälter für die Abscheidung der Struvitkristalle.

Im Zuge der Abwasserreinigung reichert sich der biologisch eliminierte Phosphor im Belebtschlamm an. Grundsätzlich ist eine Rückgewinnung aus dem Abwasser, dem Klärschlamm und der Klärschlammasche möglich. Auf dem Klärwerk Erlangen soll Phosphor künftig aus dem noch nicht entwässerten Faulschlamm recycelt werden.

Dafür wird in einem ersten Schritt zunächst die biologische Phosphorspeicherung in den bestehenden Belebungsbecken gesteigert und zusätzlich eine Hydrolyse des täglich aus den Belebungsbecken abgezogenen Belebtschlamms, des sogenannten Überschussschlamms durchgeführt. Das heißt, dieser wird thermisch und chemisch so aufbereitet, dass zusätzlich biologisch gebundener Phosphor freigesetzt wird. In einem zweiten Schritt wird dieser Phosphor dann über eine chemische Fällung aus dem Schlammkreislauf eliminiert. Dabei bedient man sich des sogenannten MAP-Verfahrens. Bei diesem Verfahren wird der Faulschlamm zunächst in einen zusätzlichen Vorlagebehälter abgeleitet und dort mit Schwefelsäure versetzt. Die anschließende Zugabe eines Magnesiumsalzes führt in Verbindung mit einer durch Ausgasen von CO_2 erzielten pH-Wert-Anhebung zur kontrollierten Bildung und Ausfällung von Magnesium-Ammonium-Phosphat, dem Struvit. Struvit ist sehr gut pflanzenverfügbar und kann als Langzeitdünger direkt eingesetzt werden.

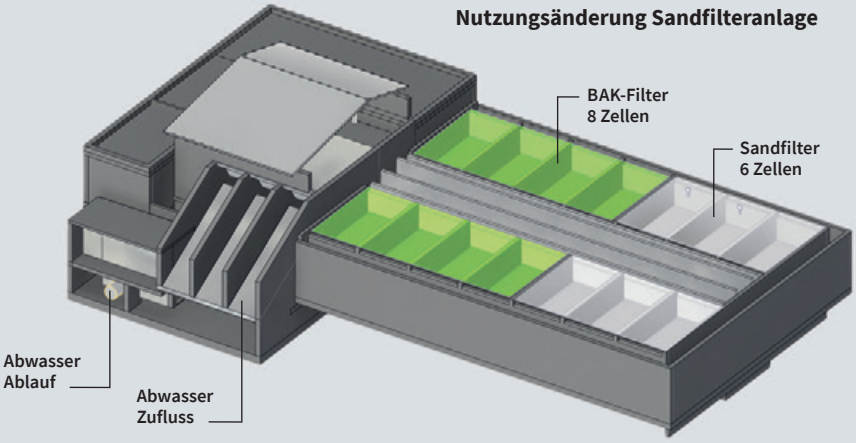
Die Anlage zur Phosphorrückgewinnung wurde im Juli 2023 in Betrieb genommen. Zwar ist das Phosphorrecycling mit einem zusätzlichen Energiebedarf verbunden, letzterer wird jedoch durch Einsparungen in den Bereichen Schlammentwässerung, Schlammtransport, biologische Abwasserreinigung sowie Fällmitteldosierung und -transport kompensiert. Darüber hinaus wird durch die Hydrolyse der Gasanfall um 20 % gesteigert.

Winzigen Stoffen auf der Spur

Bislang werden im Klärwerk Erlangen in den drei Reinigungsstufen mineralische und organische Stoffe sowie Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen erfolgreich aus dem Abwasser entfernt oder hinreichend reduziert.

Letzteres gilt jedoch nicht für sogenannte anthropogene Spurenstoffe oder Mikroverunreinigungen, die zunehmend die Gewässer belasten. Dabei handelt es sich um Arzneimittelrückstände, Röntgenkontrastmittel, endokrin wirksame Substanzen wie künstliche Östrogene oder Haushaltschemikalien, Korrosionsschutzmittel, aber auch synthetische Duftstoffe. Gemeinsam ist diesen Stoffen, dass sie in der Regel zwar sehr gut wasserlöslich, aber meist schlecht biologisch abbaubar sind. Und obwohl diese Stoffe nur in sehr geringen Konzentrationen von wenigen Nanogramm bis Mikrogramm je Liter im Abwasser vorliegen, verweisen die Ergebnisse eines Stoffflussmodells für Bayern darauf, dass bei abflussschwachen Gewässern in Verbindung mit einer hohen Siedlungs- und Industriedichte ausgewählte Spurenstoffe in umweltrelevanten Konzentrationen in den Gewässern auftreten können. Entsprechend hat das Land Bayern das Sonderförderprogramm „AWVIER“ gestartet. Dieses sieht für 13 Kläranlagen der ersten Priorität, zu denen auch das Klärwerk Erlangen gehört, eine staatliche Förderung für den Bau einer vierten Reinigungsstufe zur Elimination von anthropogenen Spurenstoffen von 50 % bis 70 % der Kosten vor. Voraussetzung für die Förderung ist, dass anhand einer Machbarkeitsstudie nachgewiesen werden kann, dass mit dem gewählten Verfahren für ausgewählte Spurenstoffe eine Eliminationsrate von über 80 % erzielt werden kann. Für das Klärwerk Erlangen liegt diese Machbarkeitsstudie seit Anfang 2023 vor.

Nutzungsänderung Sandfilteranlage



Grundsätzlich können Spurenstoffe durch adsorptive Verfahren unter Einsatz von pulverisierter oder granulierter Aktivkohle, durch eine oxidative Behandlung mit einem Oxidationsmittel wie Ozon oder durch eine Kombination dieser Technologien aus dem Abwasser entfernt werden. Für das Klärwerk Erlangen ist entsprechend den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie eine Ozonung mit nachgeschalteter Filtration über Sand und biologisch aktivierte granulierte Aktivkohle (BAK) geplant. Das Abwasser wird dabei zunächst mit Ozon behandelt und anschließend sowohl über Sandfilter als auch über BAK-Filter geführt. Dafür soll die seit 2017 außer Betrieb genommene Sandfilteranlage entsprechend umgebaut und acht Filterzellen auf BAK-Filter umgerüstet werden. Die verbleibenden sechs Filterzellen werden weiterhin zur Sandfiltration genutzt und den BAK-Filtern vorgeschaltet.

Um den zusätzlichen Energiebedarf für die vierte Reinigungsstufe ebenfalls zu 100 % regenerativ zu decken, sind Photovoltaikanlagen in Form von zwei Solardächern über den Nitrifikations- und Denitrifikationsbecken geplant. Damit ist gewährleistet, dass der aktuell gesicherte Status eines energieneutralen Klärwerks nicht gefährdet oder verschlechtert wird.

Nach der positiven Prüfung der Machbarkeitsstudie und der Förderzusage des Bayrischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz soll 2024 mit dem Bau der vierten Reinigungsstufe auf dem Klärwerk Erlangen begonnen werden.

Stadt Erlangen

IMPRESSUM
Herausgeber: Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen (EBE) • Konzeption, Texte und Tabellen: Dr. Margit Popp, GOE Gesellschaft für Organisation und Entscheidung, Stuttgart • Gestaltung: Jörg Aufdemkamp, Gestaltung für Unternehmen, Bielefeld • Fotos: © Entwässerungsbetrieb der Stadt Erlangen • Schema Spurenstoffe: © Miller Ingenieurbüro, Nürnberg • Schema MAP (AirPrex): © CNP Cycles GmbH, Karlstein am Main • Druck und Verarbeitung: Druckerei Becker GmbH, Löhne • Alle Rechte vorbehalten, 08 / 2023