www.bayreuth.de

Klärwerk Bayreuth

Wasser in Reinkultur

BAYREUTH

Unser Wasser – damals wie heute eine saubere Sache

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Wasser ist eine kostbare Ressource, es ist unverzichtbar für unser tägliches Leben.
Die zunehmende Trockenheit und die geringen Niederschläge machen deutlich, wie wichtig der wertvolle Rohstoff Wasser für uns alle ist und wie wichtig es ist, mit ihm behutsam umzugehen.

Im Schnitt braucht jede Person 120 Liter Wasser pro Tag, davon 4 % für Essen und Trinken, 63 % für Körperpflege (Baden, Duschen) und Toilettenspülung und den Rest für Wäsche waschen, Geschirr spülen und Reinigungsarbeiten. Dabei fällt natürlich Abwasser an.

Doch was passiert mit dem Abwasser nach dem Drücken der Toilettenspülung?

- Was gehört nicht ins Abwasser?
- Wie erfolgt die Ableitung des Schmutzwassers im Stadtgebiet?
- Wie geschieht die Reinigung im Klärwerk?
- Was fällt bei der Abwasserreinigung alles an?
- Wie wird der Klärschlamm behandelt?

Diese Fragen werden in dieser Broschüre anschaulich beantwortet.

Die Abwasserbehandlung der Stadt Bayreuth leistet einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz und zur Reinhaltung der Gewässer.
Aus dreckigem Abwasser entsteht sauberes Wasser, das im Auslauf des Klärwerks in den Roten Main gelangt.

Die Mitarbeiter des Kanalunterhaltes und des Klärwerks sorgen 24 Stunden am Tag und 365 Tage im Jahr für eine reibungslose Abwasserableitung und eine gut funktionierende Abwasserreinigung.

Informieren Sie sich anhand dieser Broschüre über die Abwasserreinigung der Stadt Bayreuth und beherzigen Sie die Anregungen zum sorgsamen Umgang mit dem so wertvollen Gut Trinkwasser.

Ihr

Thomas Ebersberger
Oberbürgermeister der Stadt Bayreuth

Wasser – Qualität, die sich gewaschen hat

Wasser gehört zu den elementaren Lebensgrundlagen aller Organismen und ist daher von unschätzbarem Wert. Nur durch den rücksichtsvollen Umgang mit der Umwelt kann das natürliche Gleichgewicht in den Lebensräumen des Wassers aufrechterhalten werden.
Das Wasser als unser kostbarstes Lebensmittel befindet sich in einem ständigen Kreislauf. Es verdunstet aus den Meeren, Gewässern und Pflanzen, bildet Wolken, regnet auf die Erde herab und fließt – zumindest zum Teil – erneut unseren Bächen, Flüssen und Meeren zu.

Weil Wasser ein so vielseitig nutzbarer Rohstoff für den Menschen ist, wird es von diesem immer intensiver genutzt – und damit auch verschmutzt. Abwässer entstehen nicht nur im gewerblichen Bereich von Industrie und Handel. Auch die Privathaushalte tragen ihren Teil zur Verschmutzung des Wassers bei – ein schweres Stück Arbeit für die Kläranlagen.

Deshalb:
„Je weniger Schadstoffe in das Abwasser gelangen, desto einfacher und wirkungsvoller ist es zu klären.“

Was Sie tun können:

Kostbares Wasser sparsam gebrauchen:

- Duschen statt Vollbad
- Toilettenspülkästen mit Spartaste
- Wassersparende Spül- und Waschmaschinen
- Autowäsche in der Waschanlage
- Wasch- und Putzmittel dosiert einsetzen
- Speicherung und Nutzung von Regenwasser, z. B. zum Gartengießen
- Versiegelung von Flächen, wo immer möglich, vermeiden
- Bevorzugen Sie beim Kauf Produkte, die bei der Herstellung, beim Gebrauch und bei der Beseitigung das Wasser möglichst wenig belasten. Achten Sie dabei auf den blauen „Umweltengel“

Wassernutzung im Haushalt (pro Kopf und Tag)

20-150 L Baden, Duschen

20-50 L Toilettenspülung

2-10 L Trinken, Kochen

5-50 L Körperpflege

5-30 L Geschirr spülen

10-90 L Wäsche waschen, Putzen, Garten

DER BLAUE ENGEL
JURY UMWELTZEICHEN
schützt
MENSCH UND UMWELT

Was gehört nicht ins Abwasser:

- Chemische Rohrreiniger, Reinigungs- und Desinfektionsmittel
- Lösungsmittelreste, Fotochemikalien, Lacke und andere giftige Chemikalien
- Feste Abfälle oder Essensreste, dazu gehören auch Zigarettenkippen, Wattestäbchen, Tampons, Slipeinlagen, Windeln, Kondome, Katzenstreu usw.
- alte Medikamente
- Öle und Fette
- Feuchttücher

Aus der Natur zurück zur Natur

Hochdruckspülwagen

Einstieg in den Schacht

Abwasserkanal

Bevor Abwässer in einer Kläranlage gereinigt werden können, müssen sie zunächst aus den Haushalten, aus Gewerbe, Industrie und von den Straßen abgeleitet werden. Dabei fließen Schmutz- und Regenwasser entweder in einer gemeinsamen Leitung („Mischsystem“) oder in zwei getrennten Kanälen („Trennsystem“) ab.
Von den insgesamt rund 400 Kilometern Länge des Kanalnetzes der Stadt Bayreuth entfallen 304 Kilometer auf Mischkanalisation.
Je mehr Speichervolumen ein Kanalnetz aufweist, desto geringer ist die Menge des verdünnten Abwassers, das ungereinigt in die Flüsse abgegeben werden muss.

Nach den heutigen Regeln der Technik gelangt das Mischwasser in das nächstgelegene Regenüberlaufbecken und wird dort gespeichert; allenfalls leicht verschmutztes Regenwasser wird am Regenüberlauf in das Gewässer abgegeben. Der Beckeninhalt wird nach Regenende zum Klärwerk abgeleitet und dort gereinigt.

Gesamtfläche des Einzugsgebietes: (Stadt Bayreuth, Stadt Creußen, Gemeinden Eckersdorf und Haag)	AE*	=	3.183 ha
	AU**	=	1.130 ha
Einzugsgebiet der Stadt Bayreuth	AE*	=	2.759 ha
	AU**	=	964 ha

* Einzugsfläche
** Wasserundurchlässige Einzugsfläche

Für die Stadt wurde ein erforderliches Gesamtspeichervolumen von rund 33.000 m³ errechnet, bestehend aus insgesamt 44 Regenrückhalte- und Regenüberlaufbecken sowie Stauraumkanälen. Bis Ende 2020 hat die Stadt Bayreuth 35 Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle und Regenrückhaltebecken mit einem Rückhaltevolumen von ca. 26.500 m³ errichtet.

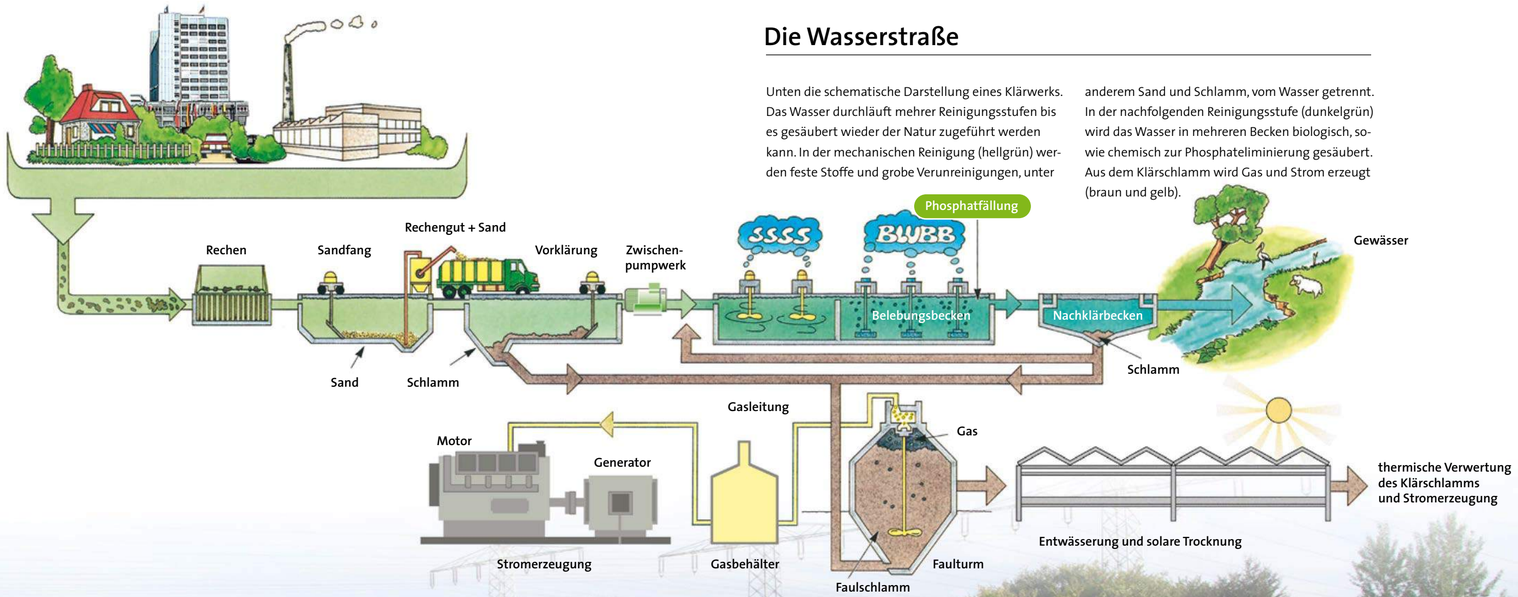
Innenansicht Regenüberlaufbecken

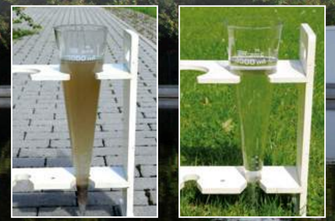
Einstieg Regenüberlaufbecken

Schaltschrank

Die Wasserstraße

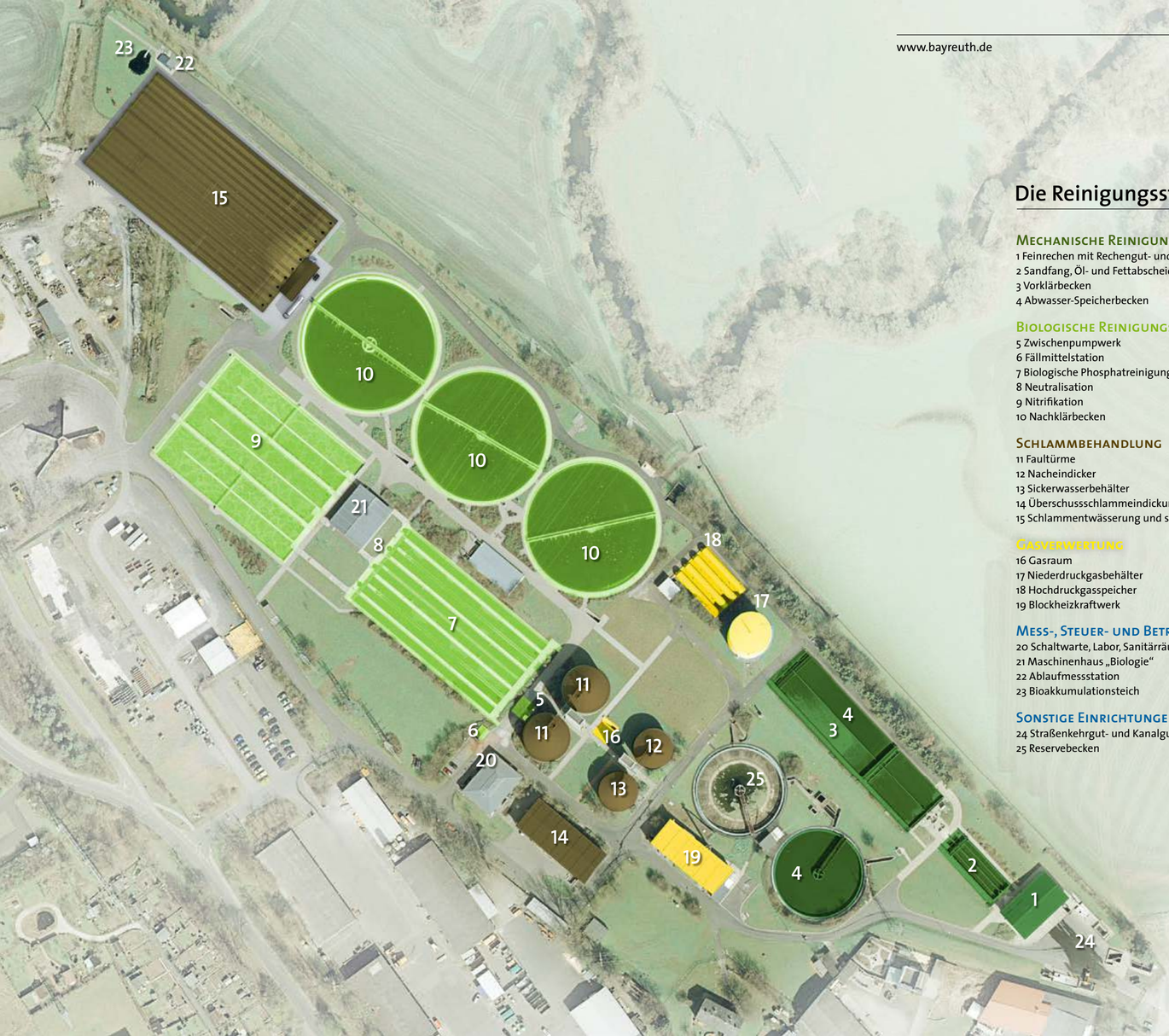
Unten die schematische Darstellung eines Klärwerks. Das Wasser durchläuft mehrer Reinigungsstufen bis es gesäubert wieder der Natur zugeführt werden kann. In der mechanischen Reinigung (hellgrün) werden feste Stoffe und grobe Verunreinigungen, unter anderem Sand und Schlamm, vom Wasser getrennt. In der nachfolgenden Reinigungsstufe (dunkelgrün) wird das Wasser in mehreren Becken biologisch, sowie chemisch zur Phosphateliminierung gesäubert. Aus dem Klärschlamm wird Gas und Strom erzeugt (braun und gelb).





Diese Bilder zeigen anschaulich die deutlich verbesserte Wasserqualität durch den Klärprozess.

Blick über die biologische Reinigungsstufe mit Becken zur biologischen Phosphatreinigung, Denitrifikation und Nitrifikation. In der Mitte das Maschinenhaus, rechts davon die runden Nachklärbecken, dahinter die Schlammentwässerung und solare Trocknung.



Die Reinigungsstufen

Mechanische Reinigungsstufe

1 Feinrechen mit Rechengut- und Sandwäsche	
2 Sandfang, Öl- und Fettabscheider	V = 420 m³
3 Vorklärbecken	V = 2.165 m³
4 Abwasser-Speicherbecken	V = 4.765 m³

Biologische Reinigungsstufe

5 Zwischenpumpwerk	
6 Fällmittelstation	V = 75 m³
7 Biologische Phosphatreinigung und Denitrifikation	V = 15.200 m³
8 Neutralisation	V = 8 m³
9 Nitrifikation	V = 24.000 m³
10 Nachklärbecken	V = 26.200 m³

Schlammbehandlung

11 Faultürme	V = 10.000 m³
12 Nacheindicker	V = 2.500 m³
13 Sickerwasserbehälter	V = 2.500 m³
14 Überschussschlammeindickung	
15 Schlammentwässerung und solare Trocknung	V = 7.200 m²

Gasverwertung

16 Gasraum	
17 Niederdruckgasbehälter	V = 3.000 m³
18 Hochdruckgasspeicher	V = 5.000 m³
19 Blockheizkraftwerk	

Mess-, Steuer- und Betriebseinrichtungen

20 Schaltwarte, Labor, Sanitärräume, Aufenthalts- und Schulungsraum, Verwaltung
21 Maschinenhaus „Biologie“
22 Ablaufmessstation
23 Bioakkumulationsteich

Sonstige Einrichtungen

24 Straßenkehrgut- und Kanalgutbehandlungsanlage
25 Reservebecken

Unsere Wasserqualität – eine waschechte Leistung

Im Wesentlichen sind zwei grundsätzliche Faktoren für die Verschmutzung unserer Abwässer verantwortlich: zum einen ungelöste und zum anderen gelöste Stoffe.

Die ungelösten Stoffe lassen sich durch so genannte Absetz- oder Filtrationsvorgänge aus dem Abwasser entfernen. Die gelösten Stoffe hingegen müssen mit Hilfe von Bakterien im Rahmen eines biologischen oder – bei Zugabe von Fällmitteln – eines chemischen Verfahrens beseitigt werden.

Um den Verschmutzungsgrad von Abwasser angeben zu können, wurden verschiedene Parameter eingeführt, die mit Hilfe von Messungen bestimmt werden: BSB5 (biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen), CSB (chemischer Sauerstoffbedarf), NH4-N (Ammoniumstickstoff), P (Phosphorgehalt), N (Gesamtstickstoff) und abfiltrierbare Stoffe.

Daten des Klärwerks	
Angeschlossene Einwohnerwerte	300.000
davon Bevölkerung	100.000
davon Gewerbe und Industrie	200.000
Abwassermengen	
Trockenwetterzufluss	Q_t = 450 l/s
Regenwetterzufluss	Q_m = 1.300 l/s
Tageszufluss (Trockenwetter)	V_{Qt} = 23.000 m³
Jährliche Abwassermenge	12 Mio m³

Schmutzfracht bezogen auf BSB5		
	Zulauf	Ablauf
Jahresmittel ca.	480 mg/l	2 mg/l
Tagesfracht ca.	17,1 t/Tag	0,07 t/Tag
Wirkungsgrad	99,6%	
Schlammanfall, Roh- und Dickschlamm		
nach Überschussschlammeindickung	ca. 330 m³/Tag	
Faulgasanfall	ca. 6.700 m³/Tag	
Rechengut	190 t/Jahr	
Sand	130 t/Jahr	

Die Anforderungen an die Gewässerreinhaltung dokumentiert anhand der Grenzwerte für biologischen und chemischen Sauerstoffbedarf, Ammoniumstickstoff, Stickstoff, Phosphor sowie abfiltrierbare Stoffe in einer Abwasserprobe

Jahr	BSB5 (biolog. Sauerstoffbedarf)	CSB (chem. Sauerstoffbedarf)	NH4-N (Ammoniumstickstoff)	N (Stickstoff gesamt)	P (Phosphor gesamt)	abfiltrierbare Stoffe
ab 2019	15 mg/l	65 mg/l	5 mg/l	13 mg/l	0,5 mg/l	15 mg/l
Durchschnittlich erzielte Reinigungsergebnisse im Klärwerk Bayreuth						
	2 mg/l	22 mg/l	0,2 mg/l	6,5 mg/l	0,3mg/l	3 mg/l

Der mechanische Wasserlauf

Bei der mechanischen Abwasserreinigung werden die ungelösten Stoffe durch mechanisch-physikalische Vorgänge aus dem Abwasser entfernt.
Im **Feinrechen** werden sperrige Schwimmstoffe, wie Lumpen, Holz- und Kunststoffe, Putzwolle und ähnliches aufgefangen und anschließend über eine Rechengutwäsche geleitet, um anhaftende Organik abzutrennen. Das Rechengut wird danach entwässert und in Container zum Abtransport gefördert.
Im belüfteten **Sandfang** wird die Fließgeschwindigkeit des Abwassers reduziert, so dass sich Sand und andere mineralische Bestandteile absetzen können. Im nachfolgenden Sandwäscher wird ebenfalls organisches Material abgewaschen. Die so in das Abwasser gelangten Kohlenstoffverbindungen stehen in der biologischen Reinigungsstufe den Bakterien als zusätzliche Nahrung zur Verfügung. Der Sand wird auf einer Deponie abgelagert.
Im **Vorklärbecken** lagern sich durch eine Verweildauer von etwa zwei Stunden die absetzbaren Stoffe am Beckenboden als Primärschlamm ab. Dieser wird in die Schlammtrichter geschoben und gelangt von dort in die Faulbehälter.

Um die Aufenthaltszeit des Abwassers konstant zu halten, wird bei Regen und Zuflüssen über 700 l/s ein zweites Absetzbecken automatisch in den Klärprozess einbezogen. Der gespeicherte Beckeninhalt wird nach dem Ende des Regens in das Vorklärbecken zurückgepumpt. Das mechanisch gereinigte Abwasser – 30 Prozent der Schmutzstoffe sind entzogen – wird anschließend über ein **Zwischenpumpwerk** der biologischen Reinigung zugeführt.

Rechengutwäsche

Pumpen und Rohrleitungen

Feinrechen

Vorklärbecken

Unser Wasser – in drei Stufen ins Reine gebracht

Die biologische Abwasserreinigung erfolgt in 3 Stufen:

Die 1. Stufe dient der biologischen Phosphorelimination. In den Anaerobbecken (Becken ohne Sauerstoff) werden die Bakterien in eine Stresssituation gebracht und geben dadurch Phosphat frei. Durch den Milieuwechsel von anaeroben über den anoxischen in den aeroben Bereich (Becken mit freiem Sauerstoff) in der 3. Stufe nehmen die Bakterien im verstärkten Maß Phosphat auf. Das Phosphat wird in die Zellsubstanz eingebaut und angelagert sowie mit dem Überschussschlamm aus dem System abgezogen. Der größte Teil des Phosphates kann auf diese biologische Weise aus dem Abwasser entfernt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Zugabe von flüssigen Metallsalzen zur chemischen Phosphatfällung.

In der 2. Stufe, dem Denitrifikationsbecken, wird unter anoxischen Verhältnissen (ohne freien Sauerstoff) Nitrat (NO_3) zu gasförmigem Stickstoff (N_2) umgewandelt. Dieser Vorgang erfolgt durch folgendes Verfahren:

Im Ablauf des Anaerobbeckens wird der Rücklaufschlamm aus dem Nachklärbecken und nitrathaltiges Abwasser aus dem Nitrifikationsbecken zugegeben. Die Sauerstoffverhältnisse ändern sich dadurch von anaerob zu anoxisch, da mit dem Nitrat Sauerstoff eingetragen wird. Dieser Sauerstoff wird von den Bakterien mangels freiem Sauerstoff veratmet, das verbleibende Element Stickstoff entweicht schließlich gasförmig in die Atmosphäre. Um ein Absinken des Schlammes zu vermeiden, sind in den Kaskaden Rührwerke eingebaut.

In der 3. Stufe, dem Nitrifikationsbecken (aerober Bereich), wird durch Zugabe von Luftsauerstoff mittels feinblasiger Druckbelüftung (Turbogebläse) der Stickstoff von Ammonium (NH_4) über Nitrit (NO_2) zu Nitrat (NO_3) aufoxidiert. Dabei frei werdende H^+-Ionen werden in der Neutralisationsanlage zurückgehalten, um eine pH-Wert-Absenkung in der biologischen Stufe zu minimieren.

Anschließend erfolgt in den drei Nachklärbecken die Trennung von Wasser und Schlamm. Der abgesetzte Schlamm wird mit Räumschildern in Trichter geschoben und abgepumpt. Eventuell auftretender Schwimmschlamm wird mittels Räumschild und Paddel abgezogen. Über die gezahnte Überfallkante und den anschließenden Ablaufkanal verlässt das gereinigte Abwasser nach ca. 48 Stunden Aufenthalt das Klärwerk in Richtung Roter Main.

Mikroorganismen

Neutralisation

Nachklärbecken

Denitrifikation

Nachklärbecken

Nitrifikation

Aus Schlamm wird wertvolles Gas

Rohschlamm vom Vorklärbecken und Dickschlamm aus der Überschussschlammeindickung werden in die Faultürme befördert. Unter Luftabschluss erzeugen hier Fäulnisbakterien in einem Gärprozess bei rd. 40°C ein Faulgas, das zu 2/3 aus Methan und 1/3 aus Kohlendioxid besteht. Nach rund vier Wochen Aufenthaltszeit ist der Schlamm ausgefault, geruchlos und stabilisiert. Aus dem Nacheindicker, in dem der Faulschlamm vom Faulwasser getrennt wird, gelangt er in die Zentrifuge. Dort wird dem ausfgefaulten Schlamm nach organischer Konditionierung mittels Polymeren mit hoher Drehzahl das Wasser entzogen, wodurch eine Volumenreduzierung erreicht wird. Das abgetrennte Zentrat wird von dort aus dosiert zur biologischen Stufe geleitet.

Der mechanisch entwässerte Schlamm (ca. 10.000 m³/Jahr) wird mit einer Fördereinrichtung automatisch in die Halle der solaren Schlammtrocknung transportiert. Die 120 m x 60 m (Größe eines Fußballfeldes) solare Trocknung funktioniert wie ein großes Gewächshaus. Mit Hilfe der Sonne und der Abwärme einer Biogasanlage verdunstet ein Großteil das Wassers im Schlamm (ca. 6.000 m³/Jahr). Die feuchte Luft wird über Abluftwäscher nach außen transportiert. Um eine optimale Trocknung zu erreichen, wird der Schlamm gleichmäßig auf dem Boden verteilt und regelmäßig gewendet.
Der übrig gebliebene, getrocknete Schlamm (rd. 4.000 m³/Jahr) wird in einem Trockengutsilo zwischengelagert und in Silo-LKWs zur thermischen Verwertung verladen.

Das bei der Schlammfaulung entstehende Methangas (CH_4) wird in einem Niederdruckgaskessel (Inhalt: 3.000 m³) und vier Hochdrucklagerbehältern (Inhalt: 5.000 m³) gespeichert. Zur Verwertung des Gases sind drei Blockheizkraftwerke mit 2 x 345 kW und 1 x 625 kW vorhanden, die über angekoppelte Generatoren bis zu 1.315 kW Strom erzeugen. Gleichzeitig wird mit der im Kühlwasser und im Abgas enthaltenen Abwärme der Faulprozess in Gang gehalten. Bei Bedarf werden die Betriebsgebäude damit ebenfalls beheizt. Durch die Gasspeicherung ist ein gleichmäßiger und rationeller Betrieb der Gasmotoren für die Eigenstromversorgung und zur Lieferung von Strom in das städtische Stromnetz gesichert.

Zentrifuge

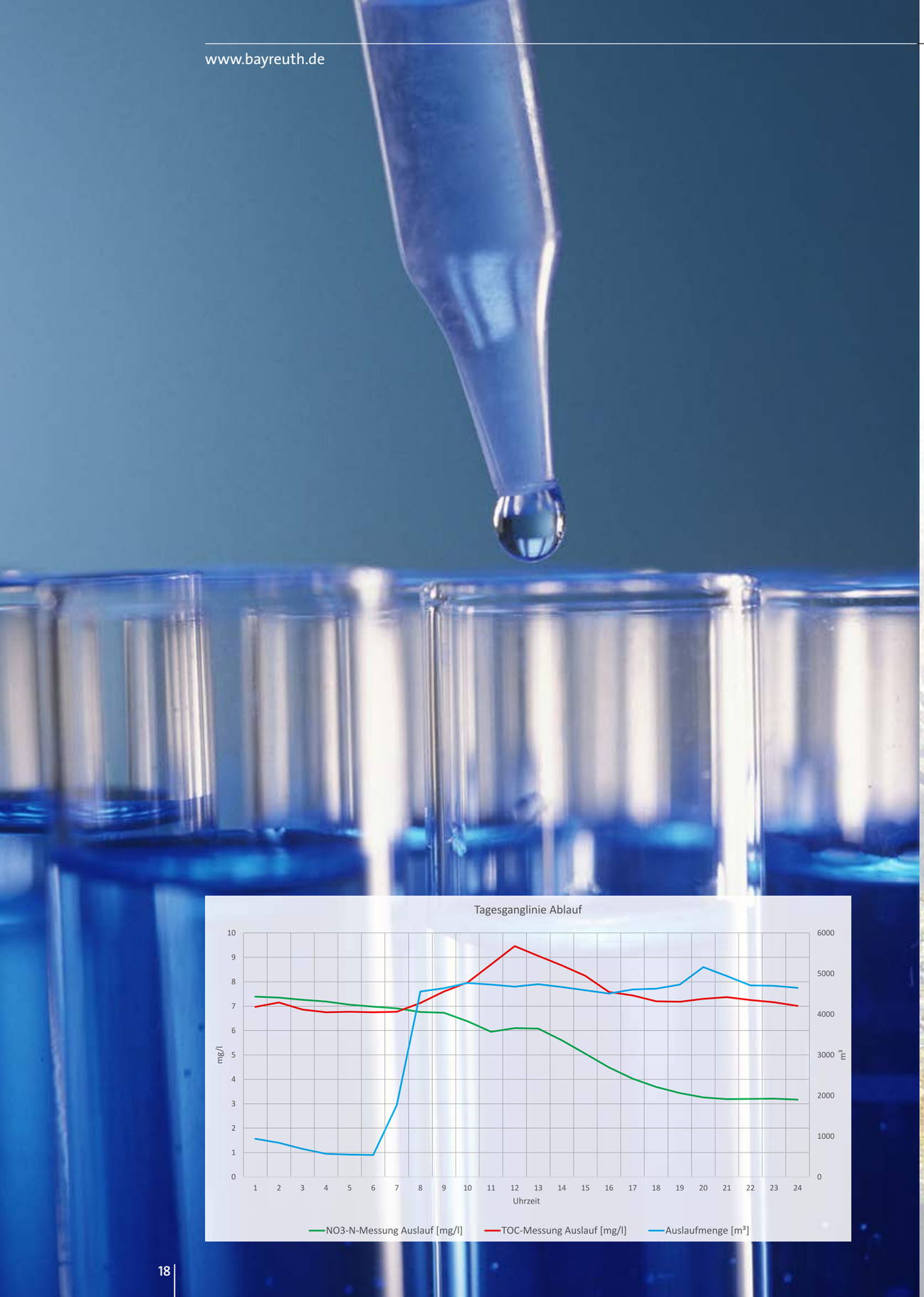
Pumpen und Rohrleitungen

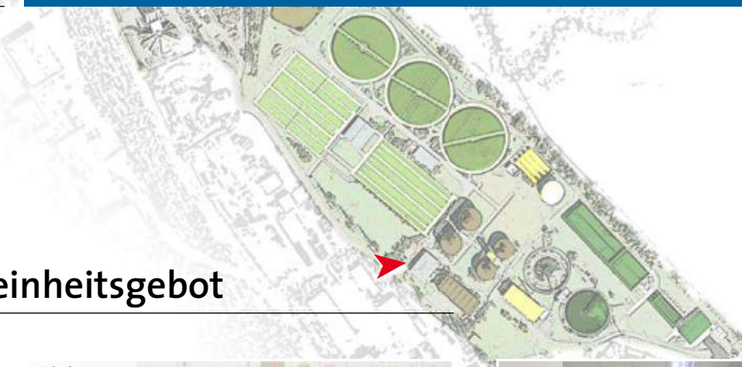
Solare Schlammtrocknung

Blockheizkraftwerk

Niederdruckgasbehälter

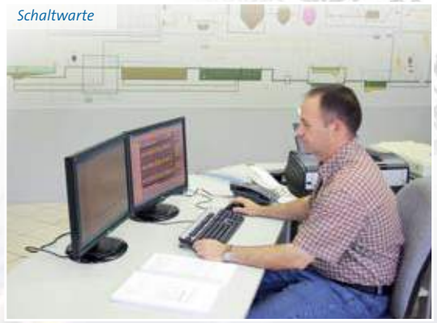
Sickerwasserbehälter und Nacheindicker





Wasser nach strengstem Reinheitsgebot

Zur kontinuierlichen Kontrolle von Ammonium-Stickstoff, Nitrat, Phosphor, TOC (gesamter organischer Kohlenstoff), Trübung, pH-Wert und Temperatur ist am Ablauf des Klärwerkes eine Messstation installiert. Alle erforderlichen Daten sowie die Betriebs- und Störmeldungen sämtlicher Maschinen werden über eine betriebsinterne EDV-Anlage erfasst, registriert und ausgewertet. Sämtliche Betriebsvorgänge der Regenüberlaufbecken und Pumpwerke (Lauf- und Störmeldungen, Entlastungsverhalten bei Regen etc.) im Stadtgebiet werden ebenfalls aufgezeichnet. Das Klärwerk ist als Mosaikbild in der Schaltwarte dargestellt, wo etwaige Störungen durch optische Signale gezeigt werden. Nachts und bei unbesetzter Anlage werden Störungen über Mobiltelefon an das Betriebspersonal im Bereitschaftsdienst weitergeleitet. Zur ständigen Kontrolle der Abwasserzusammensetzung und der Reinigungsleistung des Klärwerkes ist täglich eine Vielzahl von Abwasseruntersuchungen erforderlich. Um den Anforderungen der Eigenüberwachungsverordnung gerecht zu werden, steht ein reichhaltig ausgestattetes Labor zur Verfügung. Hier werden die Analysen für die Ermittlung von BSB_5, CSB, Stickstoff, Phospat, abfiltrierbaren Stoffen im Zu- und Ablauf sowie die Untersuchungen des Absetzverhaltens der Feststoffe und die Bewertung für die Schmutzbelastung vorgenommen. Ein Bioakkumulationsteich am Ablauf des Klärwerks ist mit Testfischen besetzt, die jährlich auf eventuell aufgenommene Schadstoffe untersucht werden. Dem Laborpersonal obliegt auch die Überwachung der Abwassereinleitung von Gewerbe- und Industriebetrieben.


Schaltwarte

Mikroskopie

Labor

Online-Messgeräte, Ablaufmessstation

Abwasseranalyse

Impressum

Herausgeber:
Stadt Bayreuth, Abwasserbetrieb
Am Bauhof 5
95445 Bayreuth

Gestaltung, Satz, Druckvorstufe:
Häusler & Bolay Marketing GmbH
Alexanderstraße 14, 95444 Bayreuth

Druck:
Leonh. Tripss Nachf. e.K.
Im Quellengrund 8
95448 Bayreuth

Grafik Kläranlage (S. 8/9):
Aus der Broschüre „So funktioniert eine Kläranlage“, DWA,
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef

Broschüre unter www.dwa.de bestellbar

Fotos:
Abwasserbetrieb, Klärwerk,
Häusler & Bolay Marketing,
Birgit Engelhardt,
Fotolia: Michael Neuhaufl, Foxy_A, fredredhat

Stand der Ausgabe: August 2020