

# Wasser in Reinkultur





## Unser Wasser – damals wie heute eine saubere Sache





## Liebe Leserinnen, liebe Leser

Wasser ist unser wichtigstes Gut, es ist unverzichtbar für unser tägliches Leben. Durchschnittlich 120 Liter verbraucht jeder von uns pro Tag. Gerade der trockene Sommer 2015 hat deutlich gemacht, wie sehr wir auf den wertvollen Rohstoff Wasser angewiesen sind und wie wichtig es ist, mit ihm behutsam umzugehen.

Dies betrifft Privatpersonen ebenso wie Unternehmen aber auch die Stadt Bayreuth. Ein zeitgemäß modernes Klärwerk ist ein wichtiges Instrument im Wasserkreislauf.

1960 wurde das städtische Klärwerk mit einem Kostenaufwand von rund 2 Millionen Euro gebaut. Seitdem wurde es in mehreren Bauabschnitten für zirka 56 Millionen Euro erweitert und modernisiert. Seit 1975 investiert die Stadt Bayreuth außerdem in die Sanierung und Erweiterung des städtischen

Kanalnetzes und in den Bau von 32 Regenrückhaltebecken und Stauraumkanälen. Rund 87 Millionen Euro wurden hierfür bisher ausgegeben. Trotz dieser hohen Investitionen liegt die Niederschlagswassergebühr in Bayreuth deutlich unter dem bayerischen bzw. bundesdeutschen Durchschnitt.

Diese Broschüre informiert Sie über die Abwasserableitung und -behandlung der Stadt Bayreuth. Sie erhalten hier zudem Tipps zum sorgsamem Umgang mit dem so wertvollen Gut Trinkwasser.

Ihre

*Brigitte Merk-Erbe*

Brigitte Merk-Erbe

Oberbürgermeisterin 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.“**

### WASSERNUTZUNG IM HAUSHALT (PRO KOPF UND TAG)



20-150 L Baden, Duschen



2-10 L Trinken, Kochen



5-30 L Geschirr spülen



20-50 L Toilettenspülung



5-50 L Körperpflege



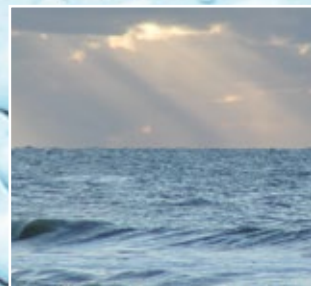
10-90 L Wäschewaschen, Putzen, Garten



### 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“



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



## 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 303 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:	AE* = 3.183 ha
	AU** = 1.124 ha


(Stadt Bayreuth, Stadt Creußen, Gemeinden Eckersdorf und Haag)

Einzugsgebiet der Stadt Bayreuth	AE* = 2.759 ha
	AU** = 950 ha

\* Einzugsfläche  
\*\* Wasserundurchlässige Einzugsfläche



Für die Stadt wurde ein erforderliches Gesamtspeichervolumen von rund 33.000 m<sup>3</sup> errechnet, bestehend aus insgesamt 44 Regenrückhalte- und Regenüberlaufbecken sowie Stauraumkanälen. Bis Ende 2014 hat die Stadt Bayreuth bereits 36 Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle und Regenrückhaltebecken mit einem Rückhaltevolumen von ca. 26.500 m<sup>3</sup> errichtet.

 Regenüberlaufbecken im Stadtgebiet Bayreuth





Innenansicht Regenüberlaufbecken

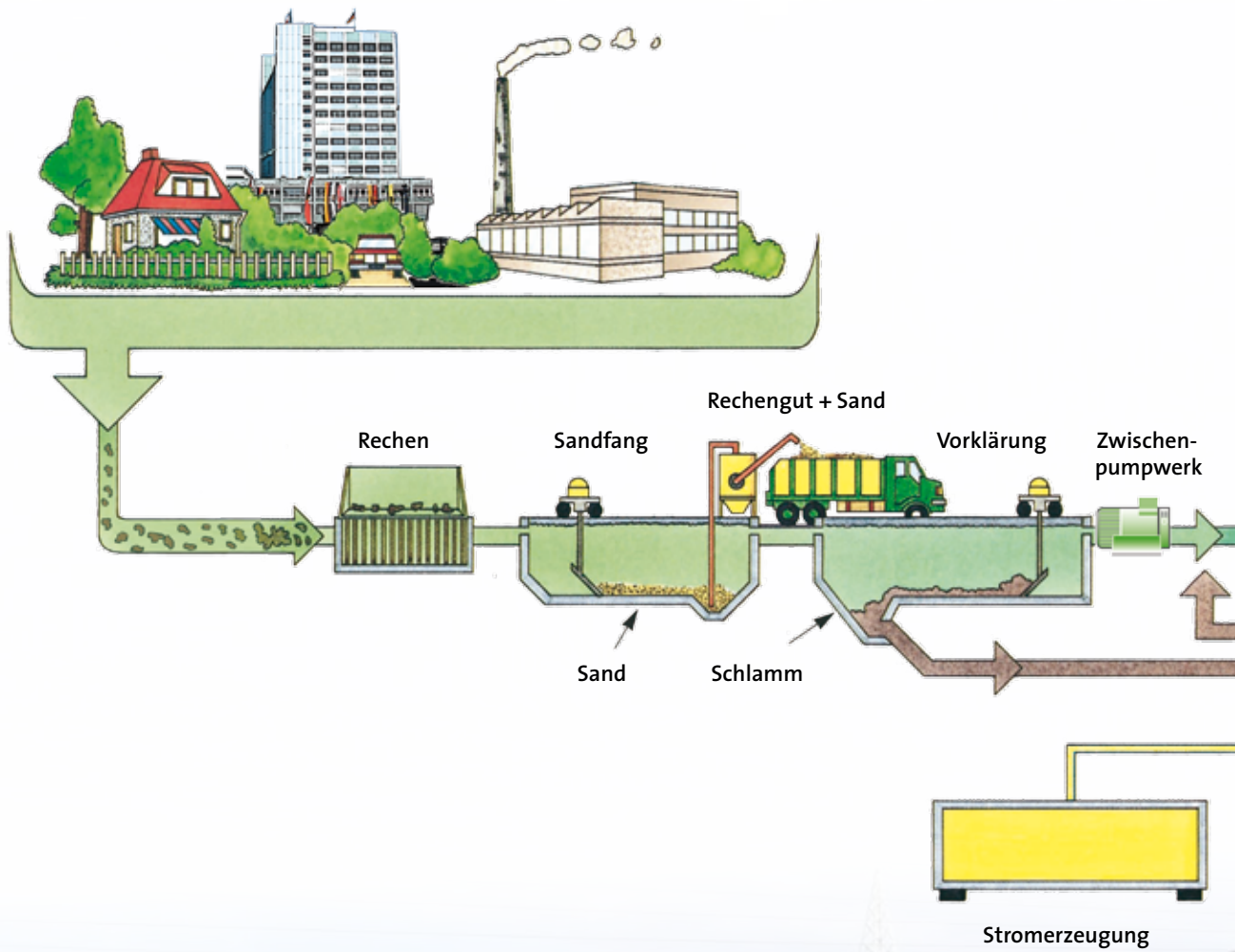


Einstieg Regenüberlaufbecken



Schaltschrank



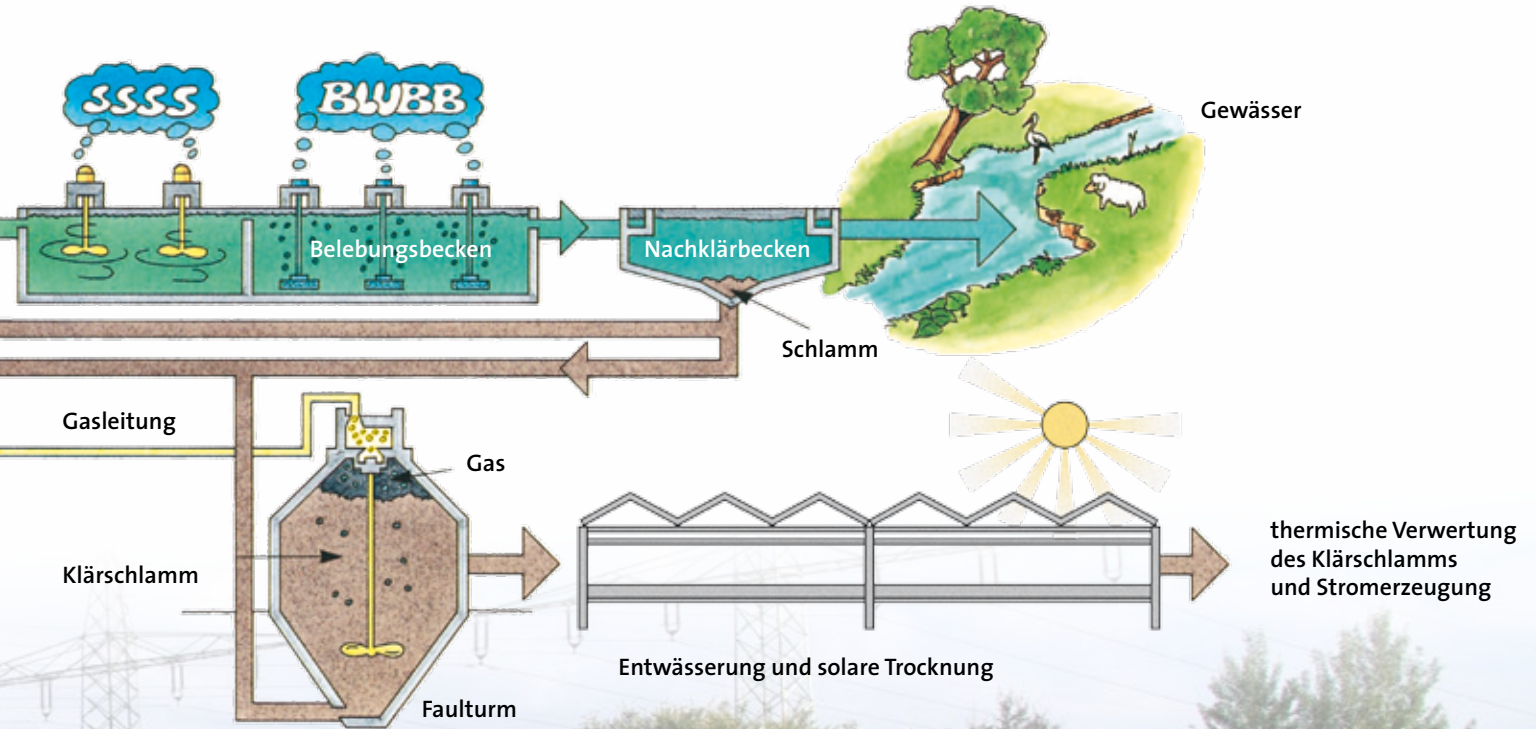




## Die Wasserstraße

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 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 Schlammwässerung und solare Trocknung.







23

22

15

10

10

10

9

21

8

18

7

11

5

11

16

12

6

20

13

14

19



## Die Reinigungsstufen

### MECHANISCHE REINIGUNGSSTUFE

- 1 Feinrechen mit Rechengut- und Sandwäsche
- 2 Sandfang, Öl- und Fettabseider V = 420 m<sup>3</sup>
- 3 Vorklärbecken V = 2.165 m<sup>3</sup>
- 4 Abwasser-Speicherbecken V = 4.765 m<sup>3</sup>

### BIOLOGISCHE REINIGUNGSSTUFE

- 5 Zwischenpumpwerk
- 6 Fällmittelstation V = 75 m<sup>3</sup>
- 7 Biologische Phosphatreinigung und Denitrifikation V = 15.200 m<sup>3</sup>
- 8 Neutralisation V = 8 m<sup>3</sup>
- 9 Nitrifikation V = 24.000 m<sup>3</sup>
- 10 Nachklärbecken V = 26.200 m<sup>3</sup>

### SCHLAMMBEHANDLUNG

- 11 Faultürme V = 10.000 m<sup>3</sup>
- 12 Nacheindicker V = 2.500 m<sup>3</sup>
- 13 Sickerwasserbehälter und Filtratwasserspeicher V = 2.500 m<sup>3</sup>
- 14 Überschussschlammeindickung
- 15 Schlamm entwässerung und solare Trocknung V = 7.200 m<sup>2</sup>

### GASVERWERTUNG

- 16 Gasraum
- 17 Niederdruckgasbehälter V = 3.000 m<sup>3</sup>
- 18 Hochdruckgasspeicher V = 10.000 m<sup>3</sup>
- 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: BSB<sub>5</sub> (biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen), CSB (chemischer Sauerstoffbedarf), NH<sub>4</sub>-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	$Q_t = 550 \text{ l/s}$
Regenwetterzufluss	$Q_m = 1.300 \text{ l/s}$
Tageszufluss (Trockenwetter)	$V_{Qt} = 25.000 \text{ l/s}$
Jährliche Abwassermenge	13 Mio./m <sup>3</sup>

### Schmutzfracht bezogen auf BSB<sub>5</sub>

	Zulauf	Ablauf
Jahresmittel ca.	430 mg/l	3 mg/l
Tagesfracht ca.	15,3 t/Tag	0,11 t/Tag
Wirkungsgrad	99%	

### Schlammanfall, Roh- und Dickschlamm

nach Überschuss-schlammeindickung	ca. 300 m <sup>3</sup> /Tag
Faulgasanfall	ca. 6.300 m <sup>3</sup> /Tag
Rechengut	80 t/Jahr
Sand	130 t/Jahr

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

Jahr	BSB <sub>5</sub> (biolog. Sauerstoffbedarf)	CSB (chem. Sauerstoffbedarf)	NH <sub>4</sub> -N (Ammoniumstickstoff)	N (Stickstoffgesamt)	P (Phosphorgesamt)	abfiltrierbare Stoffe
82	30 mg/l	120 mg/l	-----	-----	-----	-----
91	15 mg/l	75 mg/l	10 mg/l	32 mg/l	1 mg/l	-----
ab 2012	15 mg/l	65 mg/l	5 mg/l	10,4 mg/l	1 mg/l	15 mg/l
<b>Durchschnittlich erzielte Reinigungsergebnisse im Klärwerk Bayreuth</b>						
	3 mg/l	23 mg/l	0,2 mg/l	6 mg/l	0,3mg/l	4 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. Im Bedarfsfall 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 ( $\text{NO}_3$ ) zu gasförmigem Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) umgewandelt. Dieser Vorgang erfolgt durch folgendes Verfahren:

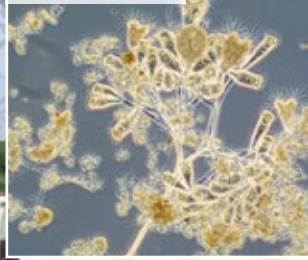
Im Ablauf des Anaerobbeckens wird der Rücklaufschlamm aus dem Nachklärbecken und nitrat-haltiges Abwasser aus dem Nitrifikationsbecken zugegeben. Die Sauerstoffverhältnisse ändern sich

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 ( $\text{NH}_4$ ) über Nitrit ( $\text{NO}_2$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) aufoxidiert. Dabei frei werdende  $\text{H}^+$ -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 ausgefaulten Schlamm nach organischer Konditionierung mittels Polymeren mit hoher Drehzahl das Wasser entzogen, wodurch eine Volumenreduzierung erreicht wird. Das abgetrennte Zentrat kommt in den Sickerwasserbehälter und wird von dort aus dosiert zur biologischen Stufe geleitet.

Der mechanisch entwässerte Schlamm (ca. 10.000 m<sup>3</sup>/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 des Wassers im Schlamm (ca. 6.000 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/Jahr) wird in einem Trockengutsilo zwischengelagert und in Silo-LKWs zur thermischen Verwertung verladen.

Das bei der Schlammfäulung entstehende Methangas (CH<sub>4</sub>) wird in einem Niederdruckgaskessel (Inhalt: 3.000 m<sup>3</sup>) und vier Hochdruck-Lagerbehältern (Inhalt: 5.000 m<sup>3</sup>) gespeichert. Zur Verwertung des Gases sind drei Blockheizkraftwerke mit 2 x 350 KW und 1 x 530 KW vorhanden, die über angekoppelte Generatoren bis zu 1.230 KW Strom erzeugen. Gleichzeitig wird mit der im Kühlwasser und im Abgas enthaltene 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 Schlammrocknung



Blockheizkraftwerk



Niederdruckgasbehälter

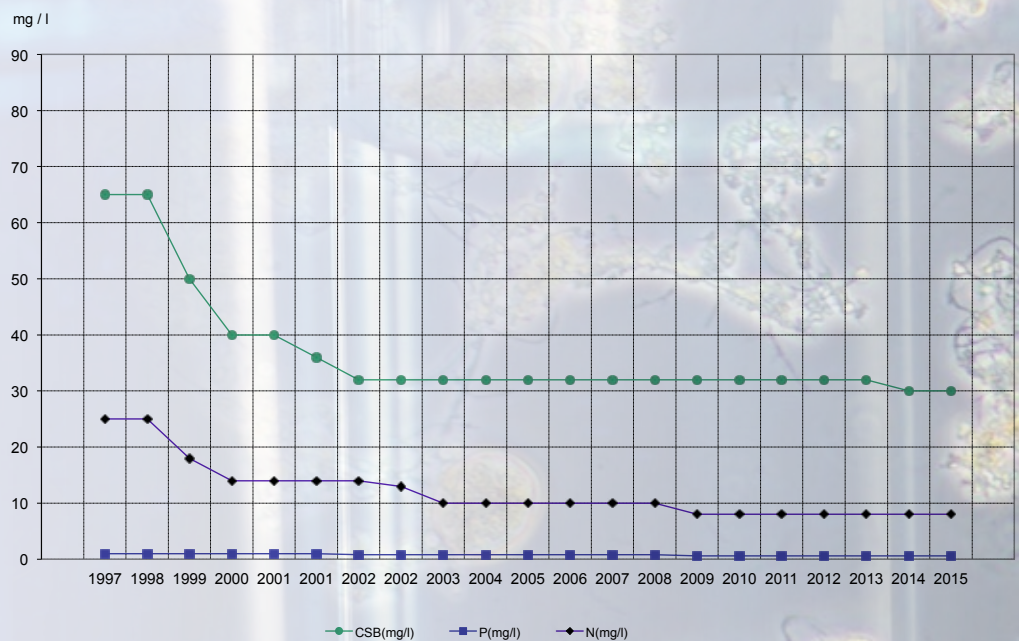


Sickerwasserbehälter und Nacheindicker





**Klärwerk Bayreuth**  
Überwachungswerte bzw. erklärte Werte seit 1997





## 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<sub>5</sub>, CSB, Stickstoff, Phosphat, 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 Klärwerkes 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



Labor



Online-Messgeräte, Ablaufmessstation



Mikroskopie



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.  
Königsbergerstraße 30, 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](http://www.dwa.de) bestellbar

Fotos:  
Abwasserbetrieb, Klärwerk,  
Häusler & Bolay Marketing,  
Birgit Engelhardt, Fotolia

Stand der Ausgabe: September 2015

