

ALLES GEKLÄRT?!

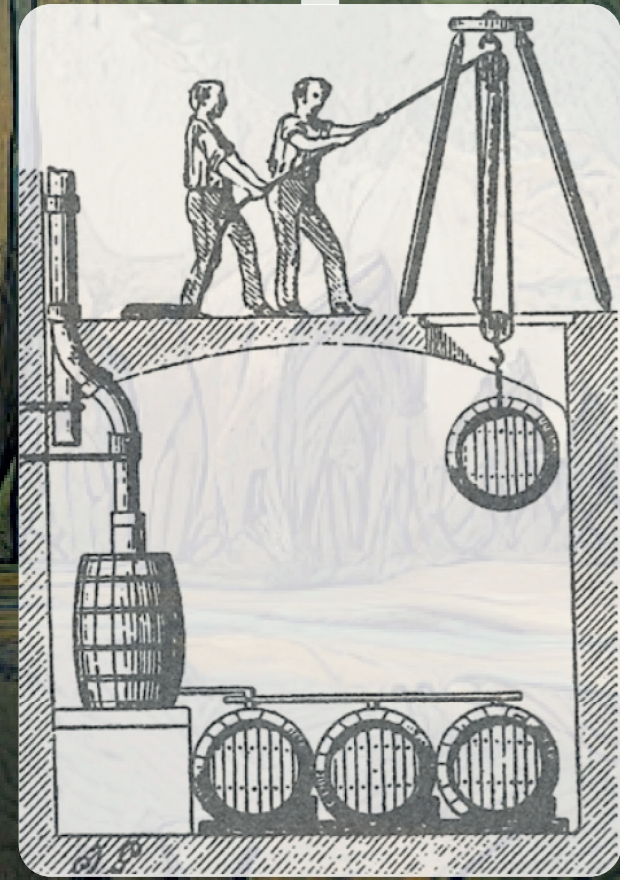
URSPRUNG

UM 1500

Das Mittelalter ist für seine **schlimmen Hygienebedingungen** bekannt: Hausmüll und Abwasser wurden auf die Straßen geleert. Und wer konnte, erleichterte sich direkt in ein Fließgewässer.

UM 1600

In der Neuzeit etablierten sich in den größeren Städten **Tonnensysteme**, mit denen die häuslichen Abwässer abtransportiert wurden, teilweise auch nach Urin und Fäzes getrennt.



UM 1700

Im Zuge der Industrialisierung wuchs die Bevölkerung sprunghaft an. Die Tonnensysteme kamen an ihre Kapazitätsgrenzen. Auch der Bedarf an **frischem Trinkwasser** wuchs immer weiter an. Besonders nachdem Robert Koch entdeckte, dass die für die Cholera-Epidemie verantwortlichen Erreger über verschmutztes Trinkwasser übertragen wurden.

UM 1800

Im 19. Jahrhundert wurde schließlich damit begonnen, die städtischen Abwässer über Kanalsysteme aus den Ballungszentren hinauszuschwemmen. Die Errichtung einer solchen ersten **Schwemmkanalisation** hat zur Beendigung der europäischen Cholera-Epidemien geführt.

ERSTE REINIGUNGSTECHNIKEN

VERSCHMUTZTE FLÜSSE

Doch mit der Schwemmkanalisation wurde das Problem zunächst nur verlagert. Die Kanäle wurden meistens direkt in Flüsse geleitet, deren Zustand sich dadurch stark verschlechterte. Aufzeichnungen aus England berichten von derart **starken Verschmutzungen**, dass Kinder sich einen Spaß daraus machten, die aus den Flüssen austretenden Gasblasen anzuzünden.

VERSCHMUTZTE KANÄLE

Weil das Abwasser sehr langsam durch die Kanäle floss, verschmutzten sie schnell und mussten oft von Hand gereinigt werden. **Pumpsysteme** verschafften Abhilfe und beschleunigten das Abwasser. Um jedoch die wertvollen Pumpen zu schützen, wurden erste **grobe Rechenanlagen** installiert. Die Stabrechen, durch die das Wasser wie durch einen großen Kamm floss, hielten grobe Verunreinigungen fest und mussten selbst wiederum manuell, also von Hand, gereinigt werden.

AB 1830

ERSTE ABWASSERREINIGUNG

Der Zustand der Gewässer wurde schließlich so schlecht, dass um 1830 erste Formen der Abwasserreinigung eingeführt wurden. Man nutzte einfache Gruben, in denen das Abwasser „**sedimentieren**“ konnte. Dabei setzen sich schwere Bestandteile im Abwasser langsam am Boden der Gruben ab und bilden das sogenannte „Sediment“. Nach einiger Zeit wurde das behandelte Abwasser wieder abgeleitet und die Gruben trockengelegt. Das Sediment wurde getrocknet und als Dünger verwendet.

RIESELFELDER

Bei der Weiterentwicklung der Abwasserreinigungstechnik wurde die natürliche Filterfunktion unserer Böden genutzt. Nun wurde das Abwasser über landwirtschaftliche Flächen „**verrieselt**“. Dabei wurden die Felder durch Graben- oder Leitungssysteme überflutet. Bei der Verrieselung verstopften jedoch die oberen Schichten im Boden mit der Zeit und der Boden „ermüdete“ unter all dem Abwasser. Die ermüdeten Schichten wurden abgetragen und zur Düngung verwendet.

Um die **Ermüdung der Böden** zu verlangsamen, wurde an Verbesserungen der Rechentechnik und der vorgeschalteten Sedimentation gearbeitet. Eine Weiterentwicklung der ersten Gruben waren durchströmte und maschinell geräumte Sedimentationsbecken.¹

SCHWERMETALLE

Während diese Becken auch heute in modernen Kläranlagen zu finden sind, wird die Verrieselung seit den 1990er Jahren kaum noch praktiziert. Denn beim Verrieseln gelangen auch **Schwermetalle aus dem Abwasser** in den Boden und sammeln sich dort an, was den Boden langfristig nicht mehr zum Nahrungsanbau nutzbar macht.²

WEITERENTWICKLUNG

BEI DER NATUR ABGESCHAUT: IN FLÜSSEN...

Die nächste Entwicklung in der Abwasserreinigung hat sich die natürliche Selbstreinigungskraft von Gewässern zum Vorbild genommen. Bereits ein altes Sprichwort weiß:

„Fließt das Wasser über sieben Stein', so ist das Wasser wieder rein.“

Beschrieben wird hier ein ökologischer Prozess, der vor allem in kleinen Fließgewässern stattfindet. Auf Steinen und Pflanzen sitzen Mikroorganismen, die sich von den Verunreinigungen aus dem Wasser ernähren. Sie füttern den Fluss einfach sauber! Erste Abwasserbehandlungs-Verfahren nutzten diesen sogenannten „**Biofilm**“. In Kläranlagen wurden nun Walzen aus dünnen Zweigen, mit Mikroorganismen belebt, im Wasser zum Rotieren gebracht.

...UND IN SEEN.

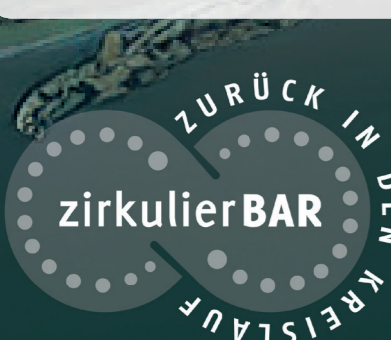
Auch in offenen Gewässern, wie Teichen und Seen, findet eine natürliche Wasserreinigung mit Mikroorganismen statt. Hier werden schwimmende Algen von den Wellenbewegungen durch das Wasser getragen und nehmen dabei Verunreinigungen auf. Dieses Prinzip wurde in den frühen Klärwerken im sogenannten „**Belebtschlammverfahren**“ nachgeahmt. Dabei bilden Mikroorganismen einen frei im Wasser schwebenden Schlamm, der das Wasser aktiv reinigt.

Das biologische „**Belebtschlammverfahren**“ wurde mit der Zeit erweitert und wird heute mit chemischen und physikalischen Prozessen kombiniert, um organische Stoffe, Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor und sogar Medikamente aus dem Abwasser zu entfernen.³

¹ Uckschies, T. (2017): Feinrechen in der Abwasserreinigung - Planung und störungsfreier Betrieb für kommunale Kläranlagen. Wiesbaden: Springer Vieweg.

² Landesumweltamt Brandenburg (2002): Leitfaden zur Gefährdungsabschätzung und Sanierung von ehemaligen Rieselfeldern unter Berücksichtigung der Anforderungen von BBodSchG/BBodSchV. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Band 77. Potsdam.

³ Gujer, W. (2007): Siedlungswasserwirtschaft. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.



ABWASSERREINIGUNG DAMALS UND HEUTE

Frankfurt Niederrad (1887)

ERSTE STATION: Der Sandfang

Hier sedimentierten die schweren mineralischen Abwasserbestandteile - das Becken musste von Hand gereinigt werden.

ZWEITE STATION: Der Rechen

Hier wurden grobe Verunreinigungen abgefangen. Auch die Rechananlage musste von Hand gereinigt werden.

DRITE STATION: Die Mischkammer

In der Mischkammer wurden Tonerde und Kalk in das Abwasser gegeben, um schwere chemische Verbindungen entstehen zu lassen, die im nachfolgenden Absatzbecken schneller sedimentieren konnten.

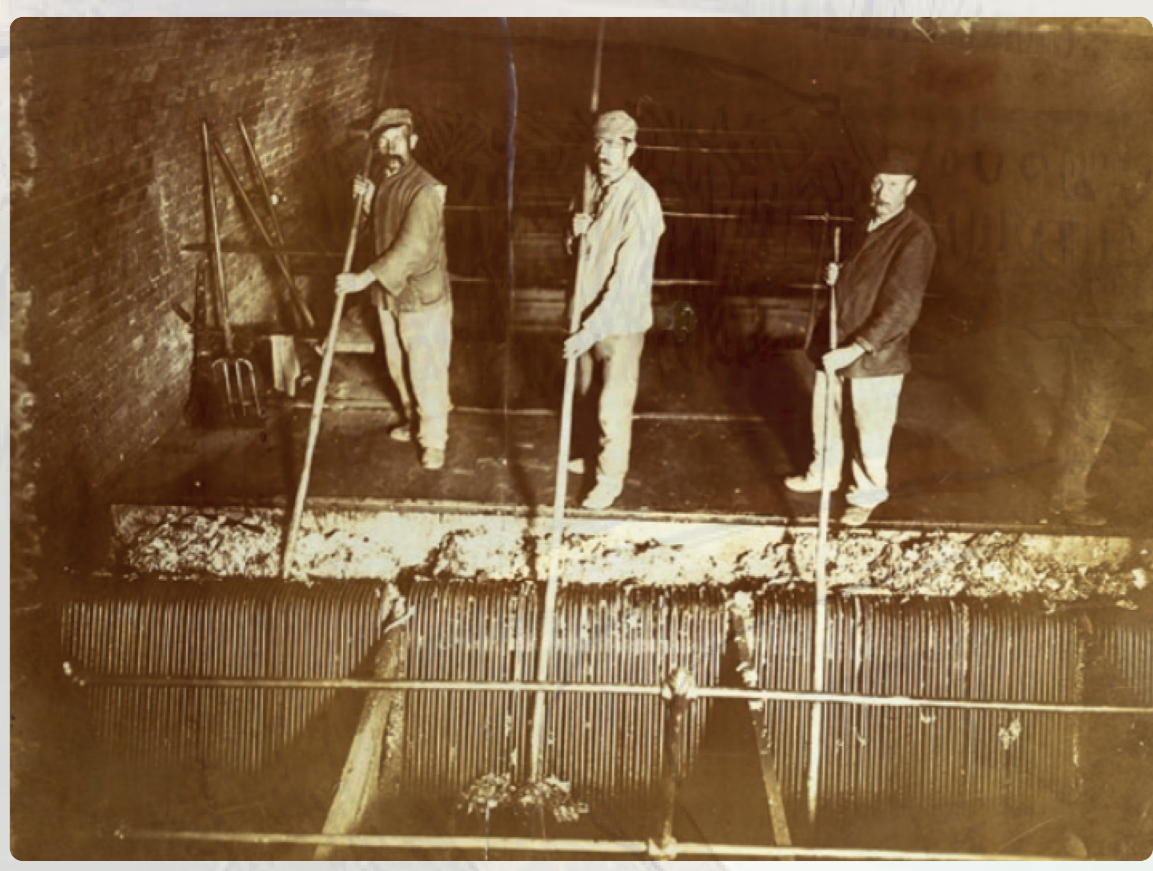
DAS KERNSTÜCK: Die vier Absatzbecken

Das Abwasser durchfloss die jeweils 82 Meter langen Becken mit sehr geringer Geschwindigkeit, sodass sich auch feine Partikel am Beckenboden absetzen konnten. Die Sedimente wurden ein- bis zweimal wöchentlich mit Schiebern und Bagger-schaufeln von Hand aus den Becken abgeschöpft. Für diese Reinigungsarbeiten war kontinuierlich eines der Becken stillgelegt.

ABLAUF IN DEN MAIN

Nach diesen vier Stationen wurde das behandelte Wasser in den Main geleitet. Wenn im Zulaufbereich, im Sandfang oder im Rechen Reinigungsarbeiten nötig waren, wurde das Abwasser unbehandelt über einen **Notablauf** in den Fluss abgeführt.

Alle Arbeits- und Reinigungsschritte wurden manuell durchgeführt.



ABWASSERREINIGUNG DAMALS UND HEUTE

Heitlingen, Südholstein (gebaut in den 1970ern, seither kontinuierlich modernisiert)

ERSTE STATION: Die Rechenanlage

Hier werden grobe Verunreinigungen von einem riesigen, sehr feinen Kamm aus dem Abwasser abgefangen. Entfernt werden soll hier vor allem Toilettenpapier, es finden sich aber auch Handys, Gebisse oder Schmuck im Rechengut. Das Rechengut wird gepresst und abtransportiert. Wegen der starken Geruchsbildung befindet sich die Anlage in einem geschlossenen Gebäude.

ZWEITE STATION: Der Sand- und Fettfang

Durch die langsame Fließgeschwindigkeit und die Erzeugung von Strudeln kommt das Fett aus dem Abwasser an die Oberfläche und der Sand sinkt auf den Boden. Der Sand wird gereinigt und weiterverwendet, das Fett zur Energieerzeugung genutzt.

DRITTE STATION: Die Vorklärung

In Sedimentationsbecken fließt das Abwasser nur noch im Schneckentempo. Dadurch setzen sich Verunreinigungen am Boden ab und bilden den sogenannten Primärschlamm. Dieser wird über einen Trichter automatisch aus dem Becken befördert und weiterverwertet.

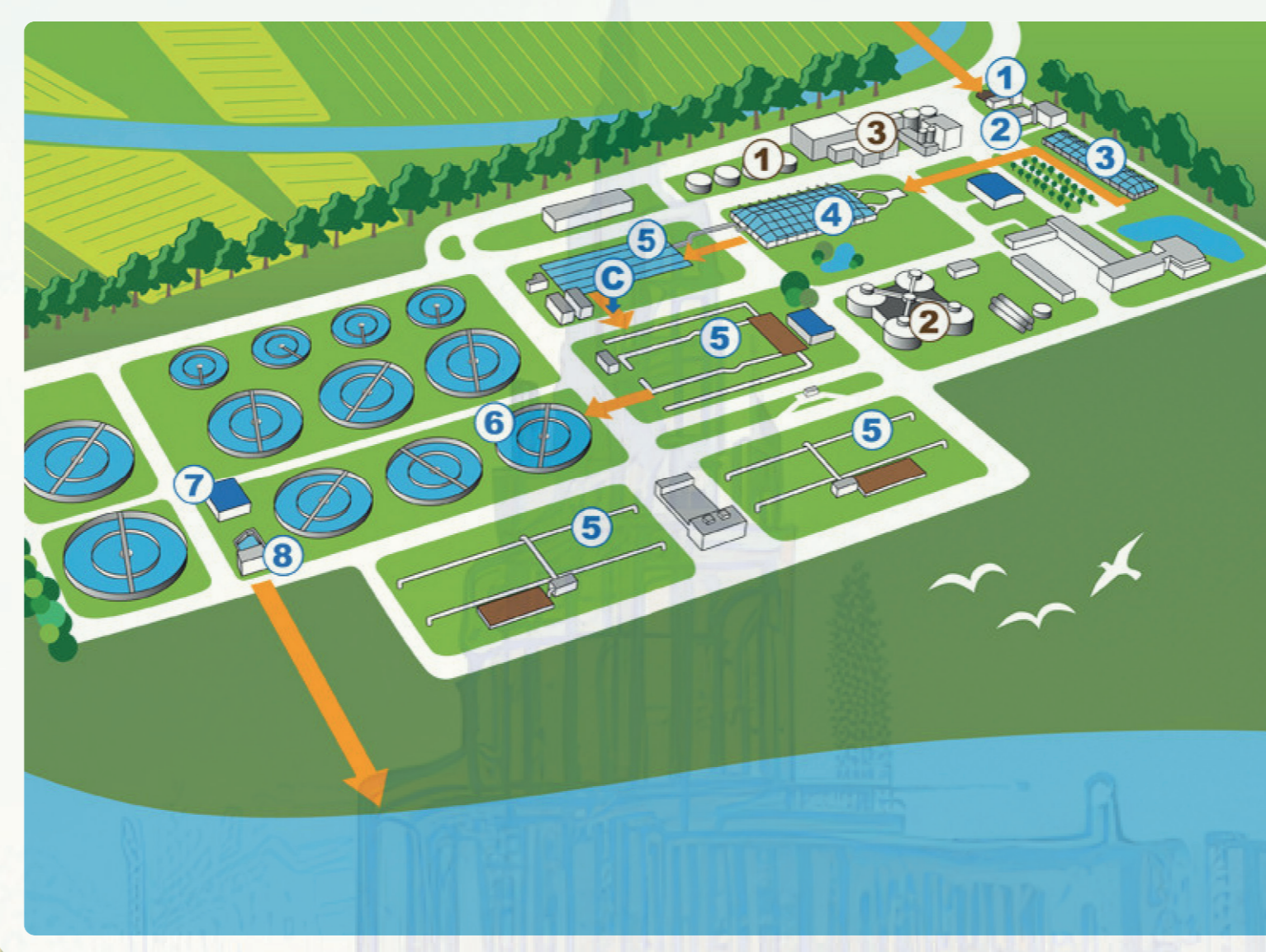
VIERTE STATION: Die Phosphorentfernung

Hier wird dem Abwasser Eisensalz zugegeben. Das Eisensalz verbindet sich mit dem im Abwasser enthaltenen Phosphat zu unlöslichen Flocken, die im Folgeprozess leicht entfernt werden können.

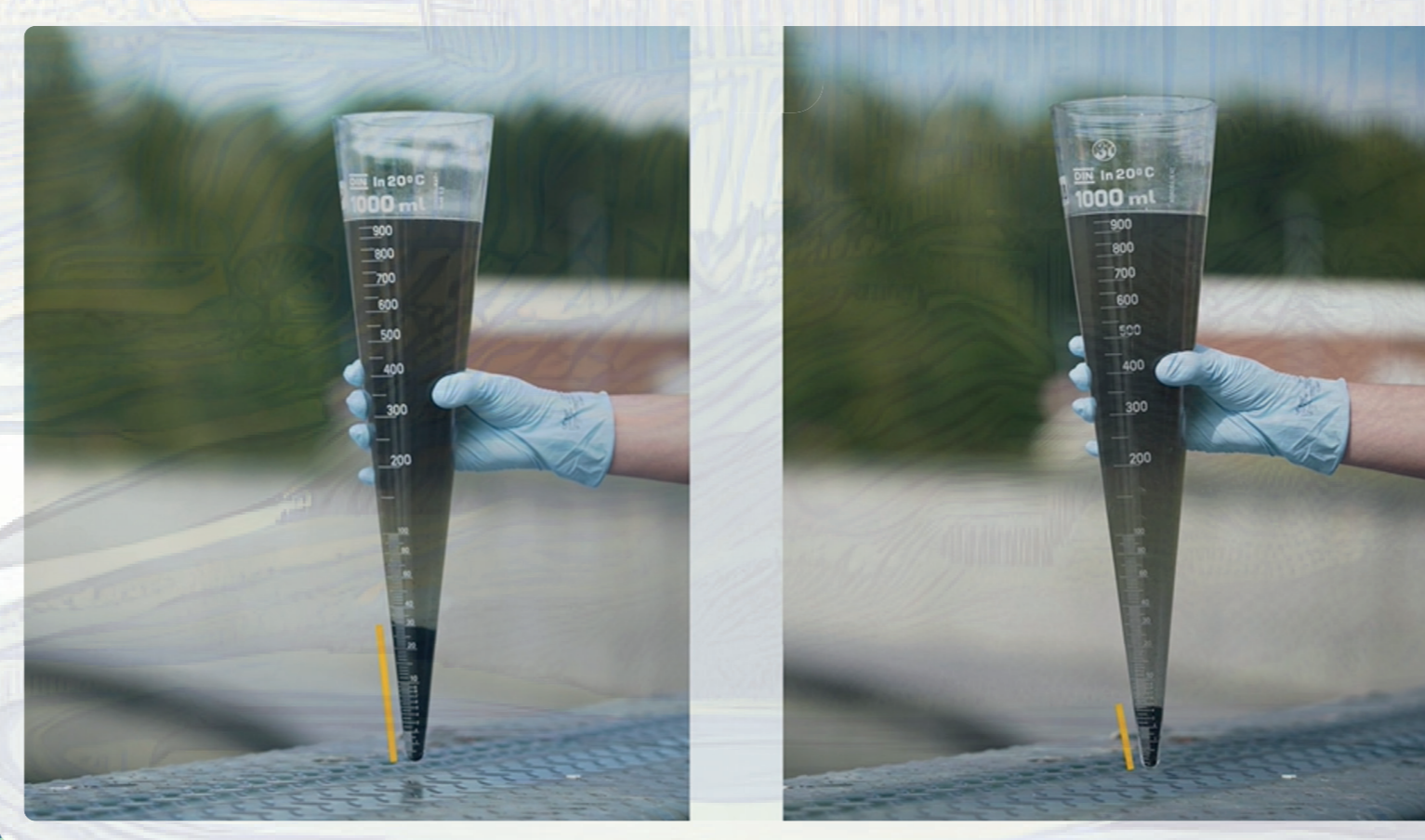
Quellen:
AZV Südholstein (o.J.): Erklärvideo zur Abwasserreinigung. Dem Abwasser auf der Spur! [Video] Online unter: <https://www.azv.sh/wasser-wissen/erklavideo-zur-abwasserreinigung/>

[Abbildung des Klärwerks Heitlingen] Online unter: <https://geoprofi12014.wordpress.com/maxime/>

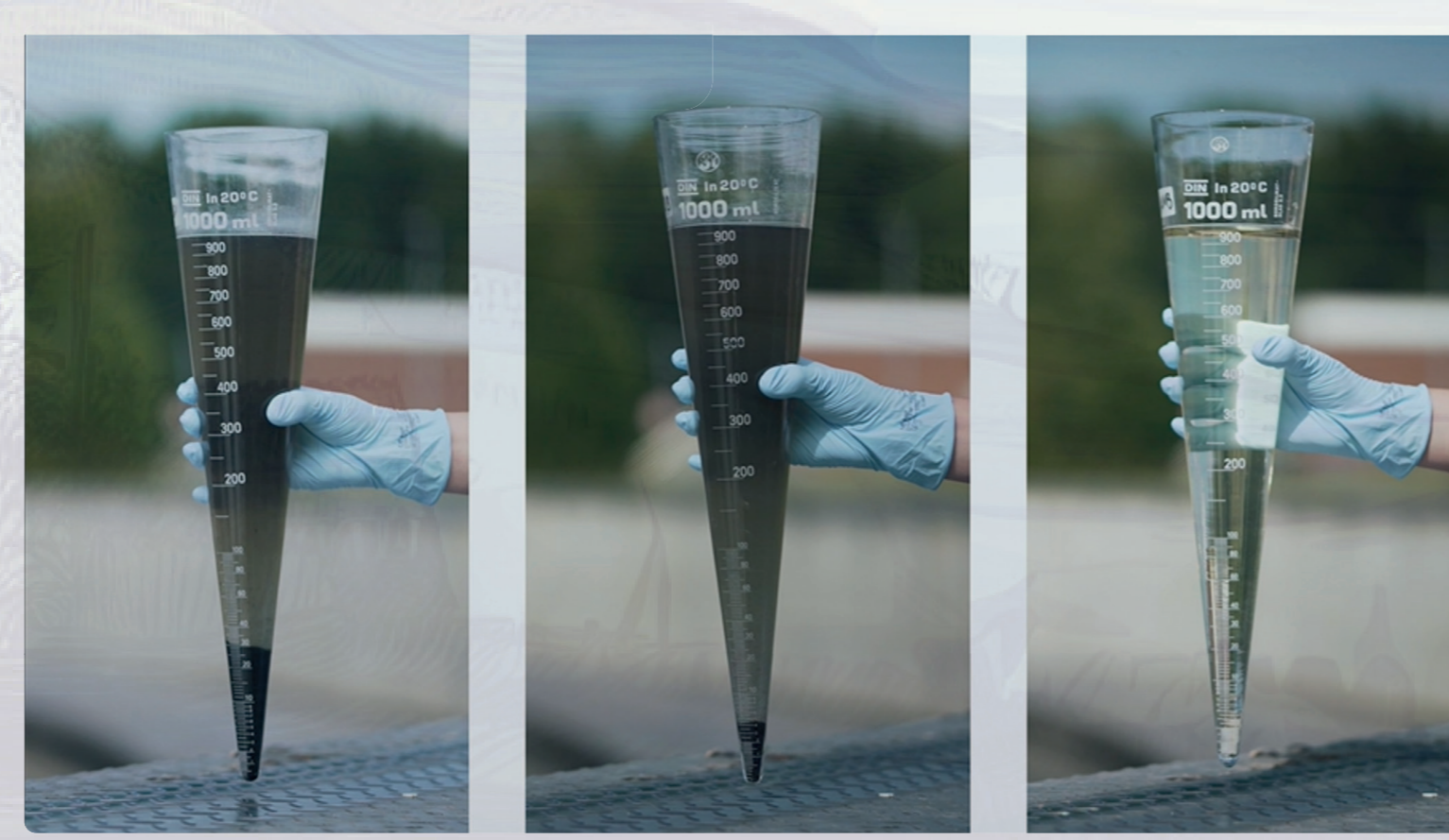
KLÄRWERK HEITLINGEN



VORGEKLÄRTES ABWASSER



GEKLÄRTES ABWASSER



FÜNFTE STATION: Die Belebung

In riesigen unterirdischen Becken tummeln sich Mikroorganismen im sogenannten Belebtschlamm. Sie ernähren sich von organischen Verbindungen im Abwasser und wandeln diese so um, dass sie aus dem Abwasser entfernt werden können.

SECHSTE STATION: Die Nachklärung

Das Wasser wird in große, offene Rundbecken geleitet und über eine Saugvorrichtung wird der Belebtschlamm abgeführt. Ein Teil des Schlamms kommt zurück in das Belebungsbecken, wo die Mikroorganismen weiterarbeiten dürfen. Die Organismen haben sich aber so stark vermehrt, dass Schlamm übrig bleibt, der an späterer Stelle weiterverarbeitet wird.

SIEBTE STATION: Das Labor und der Ablauf

Hier werden Proben aus allen Reinigungsstufen analysiert, um die Einhaltung von Grenzwerten sicherzustellen. Das geklärte Wasser wird aus den Nachklärungsbecken in die Elbe geleitet. Bei Hochwasser sorgt eine besondere Pumpvorrichtung dafür, dass das geklärte Wasser nicht in die Kläranlage zurückgedrückt wird.

ZUSÄTZLICH: Die Klärschlammbehandlung

Die Schlämme aus der Vor- und Nachklärung werden zur Energiegewinnung genutzt: Der Klärschlamm wird in großen Faultürmen gelagert, in denen Mikroorganismen die organischen Reststoffe in Gase umwandeln. Diese Gase werden in einem betriebseigenen Heizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt. Der Restschlamm aus diesem Prozess wird entwässert und in einer externen Anlage verbrannt.

Alle diese Prozesse laufen automatisch ab und werden digital von einer Art Kommandozone aus überwacht.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

PROBLEME STATUS QUO

SPURENSTOFFE...

Nach den drei gängigen Reinigungsstufen (mechanisch, biologisch, chemisch) ist das Wasser wieder klar. Leider bedeutet das nicht, dass es sauber ist! **Im geklärten Abwasser finden sich noch sogenannte "Spurenstoffe"**. Die kommen aus Arzneimitteln, Kosmetika, Reinigungsmitteln und anderen Haushalts- und Industriechemikalien. Die Spurenstoffe sind besonders für Wasserlebewesen gefährlich. Durch Arzneimittelreste zum Beispiel können Fische so krank werden, dass sie sich nicht mehr fortpflanzen können und zu leichter Beute werden.¹

...SIND HARTNÄCKIG!

Es gibt verschiedene Verfahren, mit denen diese Spurenstoffe aus dem Abwasser entfernt werden sollen, die sogenannte vierte Reinigungsstufe. Die zwei wichtigsten Verfahren nutzen Aktivkohle, um die Stoffe zu binden, und Ozon, um sie abzubauen. Ob und wie die vierte Reinigungsstufe flächendeckend eingeführt werden soll, ist umstritten. **Die Verfahren sind nämlich sehr teuer**, schaffen es dabei aber nicht, die Spurenstoffe restlos aus dem Abwasser zu entfernen. Ein großes Problem dabei: Die Spurenstoffe sind in einer riesigen Menge Wasser verdünnt!^{2,3}

RESISTENTE BAKTERIEN

Antibiotika werden auch schon in den Kläranlagen selbst zum Problem. Dort finden Bakterien nämlich ideale Brutbedingungen, und haben viel Zeit, um **Antibiotikaresistenzen** zu entwickeln, weiterzugeben und zu kombinieren. Im anschließenden Klärprozess werden nicht alle Bakterien erwischt, sodass sich die neu entstandenen Resistenzen in der Umwelt weiter verbreiten können.⁴

ÜBERDÜNGTE GEWÄSSER

Laut Umweltbundesamt war in den Jahren 2015 und 2016 ein Fünftel der **Stickstoffeinträge in Oberflächengewässer** auf Kläranlagen zurückzuführen, die Belastung durch Phosphor ging sogar fast zur Hälfte auf das Konto der Abwasserbehandlung.⁵ Die Nährstoffe sind nicht nur eine ungenutzte Ressource, sondern richten in der Umwelt teils großen Schaden an. In überdüngten Gewässern verändern sich die Bedingungen derart, dass Fische und andere Wassertiere nicht mehr überleben können.

STARKREGEN

Wenn es sehr stark regnet, kann es zum **Überlaufen der Kanalisation** kommen. Für solche Fälle gibt es sogenannte "Regenüberlaufbecken", die das zusätzliche Abwasser auffangen sollen. Doch geraten diese Becken an ihre Kapazitätsgrenze, läuft Abwasser unbehandelt in die Gewässer. Zwar gibt es, insbesondere in Neubaugebieten, auch sogenannte "Trennkanalesationen", in denen Regenwasser in eigenen Kanälen abgeleitet wird. Wie dieses getrennt gesammelte Regenwasser behandelt werden muss, bevor es wieder in Gewässer geleitet wird, ist in Deutschland derzeit aber noch nicht geregelt.⁶

RESUMÉ

Die Schwemmkanalisation und die Entwicklung der Abwasserbehandlung waren Meilensteine der Sanitärentwicklung. Tritt man jedoch einen Schritt zurück, erkennt man: In unserem Abwassersystem werden viele verschiedene Stoffströme mit ihren jeweils ganz eigenen Gefahren- und Wertstoffen vermischt und mit großen Mengen Trinkwasser stark verdünnt. Dieser Mischmasch wird anschließend unter großem Energieaufwand nur unzureichend behandelt, der Bodensatz verbrannt und das klare, aber nicht vollständig gereinigte Wasser wieder in die Umwelt gegossen. Unterm Strich wird in Kläranlagen zwar einiges geklärt, aber auch viele Emissionen verursacht (Treibhausgase in die Luft, Nähr- und Schadstoffe in Gewässer) und wenig recycelt. Somit ist dieses **lineare System nicht mehr zeitgemäß** und wir brauchen neue Lösungen!

¹ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMU, o.J.): Welche Auswirkungen haben Medikamente auf die Umwelt? Online unter: <https://www.bmu.de/richtig-entsorgen-wirkt/welche-auswirkungen-haben-medikamente-auf-die-umwelt>

² Staatsministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz Bayern (STMUV) (o.J.): Spurenstoffe und vierte Reinigungsstufe für Kläranlagen. Online unter: <https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/abwasser/spurenstoffe.htm>

³ EU-Recycling (2019): Eine vierte Reinigungsstufe für Kläranlagen: Nach Verursacherprinzip statt per Wasserabgabe finanzieren. In: EU-Recycling 01/2019, S.27

⁴ EAWAG (2015): Verbreitung von Antibiotikaresistenzen im Wasser. Online unter: https://www.eawag.ch/fileadmin/user_upload/fb_antibiotikaresistenzen_juli15.pdf

⁵ Rohlmann, A. K. (2019): Soviel Stickstoff und Phosphor gelangt aus Kläranlagen in Oberflächengewässer. topagrar. Online unter: <https://www.topagrar.com/acker/news/wie-hoch-sind-die-stickstoff-und-phosphoreintraege-durch-klaeranlagen-in-oberflachengewasser-11894177.html>

⁶ Umweltbundesamt (2022): Schadstoffe aus Kanalisation in Gewässern. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/nutzung-belastungen/schadstoffe-aus-kanalisationen-in-gewaessern#schadstoffe-im-urbanen-abwassersystem>



ZUKUNFT: STOFFSTROMTRENNUNG

DIE ZUKUNFT

Eine zukunftsweisende Alternative sind neuartige Sanitärsysteme mit sogenannter „**Stoffstromtrennung**“. Hier werden, wie der Name schon sagt, die verschiedenen Abwässer bereits „an der Quelle“ getrennt voneinander aufgefangen und ihren jeweiligen Eigenschaften entsprechend behandelt, aufbereitet und weiterverwendet. Im Vergleich zur Mischkanalisation bietet die Trennung von Urin, Fäkalien und Grauwasser bessere Möglichkeiten für die Rückgewinnung von Nährstoffen und ist langfristig nachhaltiger, da Wasser und Energie gespart und natürliche Ressourcen geschont werden können. Dabei gilt: je genauer die Teilströme voneinander getrennt werden, desto effektiver können sie behandelt werden!

VEREDELUNGSWERKE ALS KREISVERKEHRE STATT KLÄRWERKE ALS EINBAHNSTRASSEN!

Durch die Trennung des Wasser- und des Nährstoffkreislaufs werden menschliche Ausscheidungen nicht verdünnt und nicht mit Schwermetallen aus Straßenabläufen oder anderen Schadstoffen querverschmutzt. Somit ist eine effizientere Behandlung, z.B. zur Entfernung von Keimen und pharmazeutischen Rückständen, möglich. Urin wird zum Beispiel behandelt durch Nitrifikation und Filtration und die Feststoffe durchlaufen Prozesse wie Hygienisierung und Humifizierung. Die Aufbereitung von getrennt erfassten menschlichen Fäkalien zu hochwertigen Recyclingdüngern stellt somit eine Option dar, Nährstoffkreisläufe weitestgehend dezentral, regional, klimafreundlich und sicher zu schließen. So werden umweltschädliche Emissionen verhindert, und gleichzeitig seuchenhygienische Risiken minimiert.

In **Trocken(trenn)toiletten** können Urin und Kot (getrennt) aufgefangen werden, ohne wertvolles Trinkwasser zum Transport zu verwenden. Erfasste Stoffströme sind:

Urin: getrennt und wasserlos erfasster, purer Urin

Fäzes: getrennt und wasserlos erfasster Kot, oft gemischt mit Toilettenpapier und trockenem Spülersatz (Sägespäne, Stroh, Asche)

Fäkalien: wasserlos erfasster Fäzes gemischt mit Urin

In **wassersparenden Trenntoiletten** können Urin und Kot getrennt oder gemischt, aber getrennt von anderen Stoffströmen aufgefangen werden.

Braunwasser: Spülwasser mit Kot, aus Trenntoiletten

Gelbwasser: Spülwasser mit Urin, aus Trenntoiletten

Schwarzwasser: Spülwasser mit Fäkalie

Weitere, getrennt erfasste Stoffströme aus Haushalten:

Grauwasser: Abwasser aus Duschen/Bädern (ohne Fäkalien), Küche, Waschmaschinen

Regenwasser: Niederschlagswasser



GANZE LINIE

Durch den Wechsel von klassischen Spültoiletten, hin zu Wasserspar- und Trockentoiletten, können je nach Spültechnik & -verhalten, 15.000–30.000 Liter Trinkwasser pro Person und Jahr eingespart werden. Gleichzeitig können Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor recycelt und Schadstoffe entfernt werden. Urin entspricht z.B. weniger als 1 % des gesamten Abwasservolumens, trägt jedoch den Großteil der Nährstoffe und Arzneimittel im Abwasser bei. Getrennt erfasst und gezielt behandelt wahres Gold!