



Methodik zur Durchführung von Exkursionen zu
wasserwirtschaftlichen Anlagen

Abwasser



Inhalt

Deckblatt3.....	4
1Allgemeine Einführung4.....	5
1.1.1Legende der Level:4.....	5
1.1.2 Die Geschichte des Wassers: 4.....	5
1.1.3 Die Geschichte von Stoffen und Energie: 4.....	5
1.1.4 Volksgeschichte:5.....	6
1.1.5 Wie bereite ich mich auf die Exkursion vor? 6.....	7
2Eigener Ausflug9.....	10
2.1 Gesundheit und Sicherheit9.....	10
2.2 Bedeutung der städtischen Abwasserbehandlung10.....	11
2.3 Entwicklung der Abwasserbehandlung 12.....	13
2.4 Die Geschichte des Wassers 13.....	14
2.4.1 Abwasserquelle 13.....	14
2.4.2 Wasserweg zur Kläranlage17.....	20
2.4.3 Kläranlage20.....	23
2.4.4 Abwasserqualität und -kontrolle22.....	26
2.4.5 Die Zukunft der Reinigung23.....	27
2.5 Die Geschichte der aus Abwasser gewonnenen Stoffe und Energie24.....	28
2.6 Die Geschichte von Menschen, die sich um das Kanalnetz kümmern und in der Kläranlage arbeiten29....	34

2.7 Wasserpreise31
36

3Beschreibung der Kläranlagentechnologien33
38

3.1 Mechanische Reinigung34
39

3.2 Biologische Reinigung36
41

3.3 Tertiärreinigung39
46

3.4 Schlammmanagement41
48

Deckblatt

Dieses Dokument wurde von einem Autorenkollektiv erstellt: Jitka Czakořová, Martin Srb, Helena Bakeřová, Jakub Sochor, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálková, Jana Šmídková und Jiří Paul, im Rahmen der Projektlösung:



Od kohoutku do záchodu

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Projekt cílí na zlepřování kvality odborných exkurzí a odborných přednášek či demonstrací v oblasti vody. Primárně se zaměřuje na poskytnutí podpory a materiálů pro učitele, odborníky a pracovníky vodořospodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Projekttráger ist der Wasserverband



1 Allgemeine Einführung

Willkommen bei der Methodik für Exkursionen zu Kläranlagen (WTP). Kläranlagen sind für den Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit von großer Bedeutung. Diese Methodik bietet Ihnen eine allgemeine Einführung und Anleitung, wie Sie eine Kläranlage als einen faszinierenden Ort präsentieren können, an dem sich die Geschichte von Wasser, Stoffen und Energie, aber auch der Menschen, die dort arbeiten, entfaltet. Ziel der Exkursion ist es, die Studierenden nicht nur mit den Grundprinzipien der Abwasseraufbereitung vertraut zu machen, sondern sie auch zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Wasser und Umwelt zu motivieren.

Die Methodik ist so konzipiert, dass sie auf größeren und kleineren Kläranlagen eingesetzt werden kann. Im Kapitel Beschreibung der Technologien finden Sie eine Übersicht über Reinigungstechnologien, aus der Sie nur diejenigen auswählen können, die Sie am jeweiligen Standort haben, und diese in die Exkursion einbeziehen können.

Die Methodik richtet sich an Grund- und weiterführende Schüler oder sogar an die neugierigsten Exkursionsteilnehmer. Zur Unterscheidung verschiedener Ebenen werden farblich gekennzeichnete Absätze verwendet.

1.1.1 Level-Legende:

Grundschulen – aufgrund des Unterrichts in Chemie und anderen Fächern werden in erster Linie Schüler der zweiten Klasse der Grundschule (also ca. 11-15 Jahre alt) gezählt.

Weiterführende Schulen – ca. 15-19 Jahre alt aus verschiedenen Schulen (Gymnasium, Gewerbeschule, Lehrberufe...).

Neugierig – nützlich zum Beispiel für Exkursionen zu Wahlseminaren in Chemie oder Umwelt in den Abschlussjahren der High School oder für technische Jugendclubs und andere interessante Institutionen und informelle Bildung.

Die Exkursion kann aus verschiedenen Blickwinkeln geführt werden, die Sie kombinieren und so einen umfassenden Blick auf das Thema Abwasserbehandlung schaffen können. Wir haben drei für Sie vorbereitet – die Geschichte des Wassers, die Geschichte der Stoffe und Energie und die Geschichte der Menschen.

1.1.2 Die Geschichte des Wassers:

Beginnen Sie den Rundgang mit der Vorstellung der Kläranlage als dem Ort, an dem die Geschichte des Wassers spielt. Erklären Sie den Schülern, dass das Abwasser, das wir in unseren Haushalten und in der Industrie produzieren, in eine Kläranlage gelangt, wo es behandelt und der Natur wieder zugeführt wird. Machen Sie sie mit dem Prozess der Wasserreinigung vertraut und erläutern Sie dessen Bedeutung für den Umweltschutz.

1.1.3 Die Geschichte von Materie und Energie:

Konzentrieren Sie sich als Nächstes auf die Geschichte der Stoffe und Energie, die in der Kläranlage recycelt werden. Erklären Sie den Schülern, dass eine Kläranlage eine Vielzahl von Technologien und Verfahren nutzt, um Verunreinigungen aus dem Abwasser zu entfernen. Zeigen Sie ihnen, wie aus Abwässern wertvolle Stoffe wie Phosphor oder Stickstoff gewonnen werden, die beispielsweise in der Landwirtschaft weiterverwendet

werden. Erwähnen Sie auch die Nutzung von aus Abwasser gewonnener Energie, beispielsweise zur Beheizung einer Kläranlage oder zur Produktion von erneuerbarem Strom und Biomethan.

1.1.4 Volksgeschichte:

Erzählen Sie den Schülern auch die Geschichte der Menschen, die in der Kläranlage arbeiten. Machen Sie sie mit den verschiedenen Berufen und Berufen vertraut, die in der Kläranlage anzutreffen sind, beispielsweise Chemiker, Techniker oder Bediener. Erklären Sie die Bedeutung ihrer Arbeit für den Umweltschutz und wie sie für den ordnungsgemäßen Betrieb der Kläranlage sorgen.

1.1.5 Wie bereite ich mich auf den Ausflug vor?

Damit die Exkursion die Besucher interessiert und ihnen gleichzeitig Wissen für das nächste Leben mitnimmt, ist es notwendig, sich darauf vorzubereiten und die Interpretation an das Publikum, sein Alter, seine Erfahrungen und Interessen anzupassen. Gleichzeitig ist es sinnvoll, die Exkursion möglichst interaktiv zu gestalten (was Sie von anderen Erklärkursen, z. B. Burgen- und Schlösserführungen, unterscheidet). Bedenken Sie, dass Exkursionen mit einem längeren theoretischen Teil eher für Schüler der Sekundarstufe geeignet sind. Jüngere Teilnehmer weisen tendenziell eine deutlich geringere Konzentration auf, weshalb es notwendig ist, möglichst praktisch zu denken, auch auf Kosten einer geringeren Menge an übermittelten Informationen.

Insbesondere ist es gut zu wissen:

- **Wie viele Besucher werden kommen?**

Nicht nur im Hinblick auf die Verdolmetschung, da die Aufmerksamkeit mit zunehmender Teilnehmerzahl abnimmt, sondern auch im Hinblick auf die technische Gestaltung – werden mich alle hören? Können wir einzelne Stationen unterbringen? oder in den Kontrollraum? Wenn Sie über genügend Führer verfügen, können Sie die Gruppe auch gerne in mehrere kleinere Gruppen aufteilen.

- **Wie alt sind sie und von welcher Schule kommen sie?**

Schüler einer gewerblichen Schule mit Schwerpunkt Automatisierung werden an anderen Informationen interessiert sein als Schüler eines geisteswissenschaftlich orientierten Gymnasiums, und diese wiederum werden an anderen Informationen interessiert sein als angehende Krankenpfleger; Für Grundschüler der 6. Klasse ohne Chemiekenntnisse wird die Exkursion anders aussehen.

- **Was ist der Zweck der Exkursion?**

Ob es in erster Linie darum geht, theoretisches Wissen über Reinigungsprozesse zu vermitteln, oder ob bereits ein theoretischer Unterricht in der Schule stattgefunden hat und das Ziel der Exkursion darin besteht, das erworbene Wissen in der Praxis zu zeigen; oder stellen Sie die Stellenbeschreibung der Mitarbeiter vor (Karriere im Wassersektor).

- **Wie viel Zeit haben Sie für den Ausflug?**

Eine typische Unterrichtszeit beträgt zwei Unterrichtsstunden, also etwa 1,5 Stunden; Allerdings kommt es nicht nur auf das Alter der Teilnehmer an, sondern auch auf die Entfernung zwischen der Schule und dem Gebäude der Reinigungsanlage – dieser Aspekt der Führung muss immer vorab mit dem Lehrpersonal abgestimmt werden.

Es empfiehlt sich, vorab allgemeine Informationen zur Abwasserbehandlung vorzubereiten, zum Beispiel:

- **Wie viel Wasser fließt pro Sekunde, pro Tag und Jahr im regenfreien Zustand durch die Kläranlage? Wie viel Wasser kann die Kläranlage bei starkem Regen reinigen (d. h. wenn ihre Kapazität voll ist)?**

Für eine bessere Vorstellung empfiehlt es sich, die Werte in einige leichter zugängliche Einheiten umzurechnen, siehe Tabelle unten.

Einheit	Volumen
Olympiabecken (Tiefe 2,5 m)	3.125 m ³
ländlicher Teich	in der Größenordnung von Tausenden m ³
Eisenbahntankwagen	46–90 m ³
Panzer auf Fahrgestell T815	9 m ³
Panzer auf V3S-Chassis	3,5 m ³
Bad	100–200 l
Eimer	12 Jahre alt
Gartengießkanne	5 l

- **Wie hoch ist der Anteil an Abwasser, Ballastwasser und Wasser aus der Industrie?**
- **Aus welchen Teilen der Stadt/Gemeinde behandeln Sie das Abwasser einer bestimmten Kläranlage?**

Ob das gesamte Gebiet der Stadt/Gemeinde in diese Kläranlage entwässert wird oder ob einzelne Bereiche anders behandelt werden. Oder ob es in der Nähe ein anderes Gebiet gibt, das an eine bestimmte Kläranlage angeschlossen ist.

- **Von wie vielen Personen/Haushalten behandeln Sie das Abwasser?**

Natürlich braucht man für eine Idee keine genaue Zahl, sondern eher eine Größenordnung.

- **Wie lang ist das Kanalnetz und aus welchem Material besteht es?**

Auch hier ist es möglich, beispielsweise über die Entfernung vom Ausflugsort bzw. Stadt-/Dorfzentrum zur Stadt XY hineinzuzoomen; Wie viele Tankstellen und andere interessante Objekte gibt es darauf?

- **Wie viel Strom wird für die Abwasserreinigung benötigt?**

Sie können es mit dem Verbrauch zu Hause vergleichen: Der durchschnittliche Stromverbrauch in der Tschechischen Republik betrug im Jahr 2023 für einen Haushalt 3.500 kWh/Jahr (der übliche Wasserverbrauch in einer Kläranlage pro Einwohner beträgt etwa 50 kWh/EO).

- **In welches Gewässer fließt das gereinigte Abwasser?**

Zusätzlich zum Namen des Gewässers ist es möglich, weitere Informationen hinzuzufügen, wie zum Beispiel:

Welche Qualität hat das Wasser im Bach? Wie hoch ist seine Durchflussrate? Welcher Teil des Durchflusses ist das Abwasser aus der Kläranlage?

- **Wie viel kostet die Reinigung von 1 Liter Wasser?**

Denken Sie darüber nach:

- **Wohin werden Sie Besucher bringen?**

Im Hinblick auf deren Sicherheit, Verkehrssicherheit, Platzkapazität, Zeitvorgabe für die Tour und die Entfernung zwischen einzelnen Standorten.

- **Welche wesentlichen Informationen sollten die Teilnehmer aus der Exkursion mitnehmen?**

Es ist nicht ratsam, hier ihre Befugnisse zu vertauschen, es reicht aus, wenn sie 3-4 Schlüsselinformationen wegnehmen.

- **Wie nennt man sie in etwa zusammen mit dem Zeitaufwand für die einzelnen Stopps?**
- **Was werden Sie ihnen zeigen und demonstrieren, was sie unter Ihren Bedingungen selbst ausprobieren können?**
- **Was könnten sie dich fragen?**
- **Was haben Sie in ihrem Alter nicht verstanden und würden Sie gerne verstehen?**
- **Was wirst du sie fragen?**

Um die Tour interaktiver zu gestalten und gleichzeitig den anfänglichen Wissensstand der Teilnehmer zum jeweiligen Thema zu ermitteln.

Stellen Sie sicher und bereiten Sie sich im Voraus vor:

- **Erforderliche Unterlagen, die der Betreiber der Anlage verlangt (z. B. Arbeitsschutz, Namensliste der Teilnehmer).**
- **Notwendige Sicherheitsausrüstung, ggf. (Sicherheitswesten, Helme, Handschuhe,...).**
- Arbeitsblätter für Besucher (nach Absprache mit den Lehrkräften).
- Demonstrationshilfen.

Zum Beispiel Geräte zur Wasserentnahme in einzelnen technologischen Stufen, ein Schlamm-sedimentationszylinder usw. Wir empfehlen außerdem, ein vereinfachtes technologisches Diagramm, eine Karte oder ein Luftbild des Gebiets zu erstellen (um es entweder an die Teilnehmer zu verteilen oder bei Bedarf regelmäßig den aktuellen Standort im Großformat anzuzeigen).

- **Kleine Belohnungen für Besucher, sofern verfügbar (z. B. Firmenstifte, Süßigkeiten...).**
- Möglichkeit zur Toilettenbenutzung und Händewaschen nach dem Ausflug.

2 Eigener Ausflug

2.1 Gesundheit und Sicherheit

Eine kurze Sicherheits- und Gesundheitsschulung auf der Exkursion ist der erste obligatorische Teil jeder Exkursion. Bitte unterschätzen Sie diesen Teil nicht, auch wenn er überflüssig oder unnötig erscheinen mag.

Nutzen Sie während der Arbeitsschutzschulung die internen Richtlinien Ihres Unternehmens oder nutzen Sie den Anhang dieser Methodik, der einen einfachen Überblick darüber enthält, womit Sie die Exkursionsteilnehmer vertraut machen sollten.

Darüber hinaus empfiehlt es sich, vorab eine Einführung zum Thema Gesundheit und Sicherheit zu verschicken und eine unterschriebene Namensliste der Teilnehmer anzufordern, mit der Bestätigung, dass sie sich vorab mit Gesundheit und Sicherheit vertraut gemacht haben, und vor der Exkursion nur eine kurze Auffrischung der Gesundheits- und Sicherheitspunkte vorzunehmen.

Zu Beginn der Exkursion ist darauf hinzuweisen, dass die Teilnehmer während der Exkursion nicht essen, trinken oder die Gruppe verlassen können. Vor dem Start empfiehlt es sich, den Teilnehmern Zeit für einen schnellen Snack oder einen Toilettengang einzuräumen.

2.2 Bedeutung der städtischen Abwasserbehandlung

? Frage: Warum reinigen wir Wasser?

💡 Antwort:

In der Vergangenheit mündeten Abwasserkanäle direkt in lokale Flüsse, Bäche, Teiche, Meere usw. Ziel war es, das Abwasser so schnell wie möglich loszuwerden. Die Verschmutzung von Gewässern führte jedoch oft zur Zerstörung ihrer Ökosysteme, Krankheiten und Gerüche breiteten sich im Wasser aus und es war nicht möglich, das Wasser für notwendige Aktivitäten zu nutzen.

Besonders wichtig ist die Wasserreinigung im Hinblick auf die Nutzung des Flusses unterhalb der Kläranlage. Würden wir das Abwasser nicht ausreichend reinigen, bestünde eine Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung. Das Wasser der Kläranlage kann zur Erholung, als Trinkwasserquelle oder zur Bewässerung genutzt werden. Die Wasserreinigung verhindert die Übertragung von Keimen, Bakterien und Chemikalien, die Krankheiten und Infektionen verursachen und den Prozess der Eutrophierung fördern könnten.

ZŠ: Die Reinigung kommunalen Abwassers ist für den Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit von grundlegender Bedeutung. Dieses Thema begleitet die Menschheit seit der Antike, als die ersten Zivilisationen mit den Auswirkungen von verschmutztem Wasser auf ihre Bewohner kämpften.

SŠ: Im antiken Rom gab es ein ausgeklügeltes System von Abwasserkanälen und -kanälen, die das Abwasser aus der Stadt abtransportierten. Dennoch breiteten sich durch verunreinigtes Wasser verursachte Krankheiten wie Cholera und Ruhr weiter aus. In der Vergangenheit haben diese Epidemien Millionen von Menschenleben gefordert und dazu geführt, dass das Abwasserproblem effizienter gelöst werden musste.

Der Wendepunkt war die Entdeckung der Mikroorganismen und ihrer Rolle beim Abbau organischer Stoffe im 19. Jahrhundert. Dies hat die Entwicklung biologischer Kläranlagen ermöglicht, die natürliche biologische Prozesse zur Entfernung von Schadstoffen nutzen. Die erste moderne Kläranlage wurde 1892 in Großbritannien in Betrieb genommen.

Heute ist die Abwasseraufbereitung für den Erhalt der Wasserqualität und den Schutz der Umwelt unabdingbar. Die Einleitung unbehandelter Abwässer in Flüsse, Seen und Meere hätte verheerende Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme, würde Fische und andere Wasserlebewesen töten und eine Nutzung des Wassers für Erholungszwecke oder zur Trinkwassergewinnung unmöglich machen.

Ein Beispiel kann die Situation in Indien sein, wo der Ganga aufgrund der Einleitung unbehandelter Abwässer aus Städten und Industrien einer der am stärksten verschmutzten Flüsse der Welt ist. Diese Verschmutzung bedroht nicht nur die lokalen Ökosysteme, sondern stellt auch ein ernstes Gesundheitsrisiko für die Millionen Menschen dar, die auf den Fluss angewiesen sind.

Im Gegenteil: Eine ordnungsgemäße Abwasseraufbereitung ermöglicht die sichere Einleitung des aufbereiteten Wassers zurück in die Gewässer, ohne diese zu verschmutzen. Auf diese Weise werden aquatische Ökosysteme geschützt, die Qualität des Trinkwassers erhalten und das Risiko der Ausbreitung von Krankheiten verringert. Die Abwasserbehandlung ermöglicht auch das

Recycling und die Wiederverwendung wertvoller Ressourcen wie Nährstoffe und Energie, die im Abwasser enthalten sind.

Es ist klar, dass die Behandlung städtischer Abwässer ein Schlüsselfaktor für die nachhaltige Entwicklung unserer Städte und Gemeinden und den Schutz der Umwelt für heutige und zukünftige Generationen ist.

Kurios: Im Sommer 1858 tauchte in London der sogenannte Great Smell auf. Zu dieser Zeit lebten in London etwa 2 Millionen Menschen und die Zahl stieg ständig an. Zur Toilette gingen sie ursprünglich in Töpfchen, die in Jauchegruben entleert wurden, die außerhalb der Stadt auf die Felder exportiert wurden und deren Inhalt von Bauern als Dünger, aber auch zur Herstellung von Schießpulver verwendet wurde. Als jedoch die Zahl der Menschen zunahm, reichten die Auffangbecken nicht mehr aus und es entstanden Spültoiletten, sodass die Abwassermenge weiter zunahm. Die Londoner Verwaltung entschied schließlich, dass das Abwasser zunächst über die Regenwasserkanäle in die Themse eingeleitet werden sollte. Der Fluss verwandelte sich in einen Abfluss. Von Toiletteninhalten über tote Hunde, verwesendes Essen und Industrieabfälle bis hin zu Tierteilen aus Schlachthöfen und Chemikalien aus Gerbereien landete alles darin. Darüber hinaus war der Sommer 1858 extrem heiß, sodass sich die Abfälle im Fluss noch schneller als gewöhnlich zersetzten. Der Abfall im Fluss kochte und gärte buchstäblich und der Gestank war so groß, dass sich die Menschen auf der Straße übergeben mussten und ohnmächtig wurden. Königin Victoria sagte Flusskreuzfahrten ab und das Parlament konnte nicht tagen. Nicht einmal 250 Tonnen Chlorkalk, die in den Fluss geschüttet wurden, halfen. Am Ende wurde beschlossen, ein neues, komplettes Abwassersystem mit einer Länge von 1.800 km zu bauen, um das Wasser unter der Stadt abzuleiten (Baubeginn war bereits im nächsten Jahr). Nach seiner Fertigstellung kam es in London nie wieder zu einer Cholera-Epidemie.

? Frage: Was ist Eutrophierung?

💡 Antwort: Unter Eutrophierung versteht man den Prozess der Anreicherung von Wasser mit Nährstoffen, insbesondere Stickstoff und Phosphor, die in Urin und Kot enthalten sind. Es wird zwischen natürlicher und unnatürlicher Eutrophierung (verursacht durch menschliches Handeln) unterschieden. Durch die große Menge an Nährstoffen vermehren sich Plankton und auch Cyanobakterien (Wasserblüte) im Wasser, was zu einem Sauerstoffmangel im Wasser führt, der sich in dessen Verrottung, dem Tod von Fischen und anderen im Wasser lebenden Organismen äußert.

In den meisten Ländern gibt es gesetzliche Anforderungen an die Wasserqualität und Wasseraufbereitung, die eingehalten werden müssen. Diese Vorschriften dienen dem Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt.

2.3 Entwicklung der Abwasserbehandlung

Es besteht die Möglichkeit, die Exkursion mit einer kurzen historischen Einführung in die Entwicklung der Abwasserbehandlung in der jeweiligen Ortschaft zu beginnen. Ziel dieses Abschnitts ist es nicht, sehr ins Detail zu gehen, sondern lediglich die wichtigen Meilensteine aufzuzeigen. Informationen zu lokalen Entwicklungen finden Sie im Firmenarchiv oder im Archiv der jeweiligen Gemeinde. Darüber hinaus empfiehlt es sich, die Besucher darüber zu informieren, ob sich die Kläranlage in den Folgejahren weiterentwickeln wird, beispielsweise aufgrund der steigenden Einwohnerzahl größer wird.

Sollten die historischen Informationen nicht verfügbar sein, können Sie für eine kurze Einführung die folgenden Absätze nutzen, die sich mit der allgemeinen Entwicklung der Abwasserentsorgung und Abwasserbehandlung befassen.

Grundschule: *Wir empfehlen, diese Schüler nicht mit genauen Daten zu belasten, sondern nur die größten Veränderungen zu erwähnen, die in der Kläranlage während ihres Bestehens stattgefunden haben.*

Sekundarstufe: *Bei diesen Schülern kann man bereits tiefer ins Detail gehen, versucht aber, die Daten mit verschiedenen interessanten Fakten und Geschichten, zum Beispiel aus dem Wiederaufbau, zu durchsetzen.*

Allgemeine Geschichte der Reinigungsindustrie in der Tschechischen Republik

Von England aus gelangte das Abwasseraufbereitungsverfahren in die Tschechische Republik, wo Ende des 19. Jahrhunderts die ersten Kläranlagen (mechanisch oder mechanisch-chemisch) errichtet wurden. Zu diesen Kläranlagen gehört auch die Alte Kläranlage in Prag in Bubenč. Interessanterweise befindet sich diese Reinigungsanlage unter der Erde.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde das Aktivierungsverfahren in Manchester, England, entdeckt. Zwei britische Chemiker (Edward Arden und William Lockett) führten Experimente mit der Belüftung von Abwasser durch und stellten fest, dass sich im Wasser eine Suspension bildete, die die Zeit der Abwasserbehandlung verkürzte. Sie nannten diese Suspension Belebtschlamm. Die Verbreitung dieser Entdeckung wurde durch den Ersten und Zweiten Weltkrieg verlangsamt und das Verfahren wurde erst nach dem Zweiten Weltkrieg (nach 1945) in größerem Umfang praktiziert. Die erste Kläranlage mit biologischer Reinigung mittels Belebungsverfahren war die Kläranlage Modřice (1961). Dieses Verfahren wurde anschließend 1968 in Prag angewendet.

2.4 Die Geschichte des Wassers

2.4.1 Abwasserquelle



Interpretationstipp: Hier gibt es viel Raum zum Nachdenken für die Teilnehmer der Exkursion. Was kommt alles in die Reinigung? Wovon? Wo fällt zu Hause Abwasser an (Toilette, Dusche, Spülmaschine, Waschmaschine etc.) und in welcher Menge? Welche anderen Abwasserquellen gibt es in der Umgebung (Industriebetriebe, Landwirtschaft, Krankenhäuser, Schulen, Restaurants,...)? Was würde passieren, wenn wir das Abwasser nicht behandeln und direkt in den Fluss einleiten würden? Bei der Angabe organischer Schadstoffe kann die entsprechende Einwohnerzahl angegeben werden. Abschließend lässt sich sagen, wie die Bewohner für die Abwasserbehandlung bezahlen.

? Frage: Wohin wird das Abwasser geleitet?

💡 Antwort: Abwasser ist Wasser, das wir verwendet haben und das jetzt verschmutzt ist. Dieses Wasser kommt aus unseren Häusern (Toilette, Spülmaschine, Waschmaschine,...), Fabriken, Krankenhäusern und Büros. Dazu gehört auch Regenwasser, das bei Sturm oder Starkregen nicht im Boden versickerte, sondern über den Abfluss abfließt. Das gesamte Wasser fließt in ein Rohr, das es zu einer Kläranlage leitet, wo es gereinigt wird, damit es der Natur wieder zugeführt werden kann.

ZS: Besprechen Sie allgemein, welche Abwasserquellen im Haushalt entstehen – wo haben sie ihrer Meinung nach den meisten Wasserverbrauch und was ist im Abwasser enthalten (Wasser, feste Partikel, Schwebeteilchen, Öle, Fette).

Neugierig: Nach Herkunft unterteilen wir Abwasser in:

- Abwasser (oder Abwasser) – stammt aus Haushalten und sozialen Einrichtungen
- Industrieabwasser – stammt aus der Industrie (aus Fabriken)

? Frage: Was enthält Abwasser?

💡 Antwort: Wasserverschmutzung besteht aus gelösten und ungelösten Stoffen. Gelöste Stoffe können biologisch abbaubar (z. B. Monosaccharide) oder nicht biologisch abbaubar (z. B. Azofarbstoffe) sein. Zu den im Abwasser gefundenen gelösten Stoffen zählen auch gelöste anorganische Salze. Ungelöste organische Stoffe im Abwasser werden wiederum in abbaubare (Stärke, Zellulose) und nicht abbaubare (Kunststoffe) unterteilt. Zu den ungelösten anorganischen Stoffen zählen beispielsweise Sand und Kies. Das zufließende Wasser enthält auch Dinge, die eher kommunalen Abfällen ähneln. Sie gehören jedoch nicht in die Kanalisation und sollten auch gar nicht in diese gelangen. Darüber hinaus befinden sich im Wasser Bakterien und Mikroben, die Krankheiten verursachen können.



Interpretationstipp: Nutzen Sie die Gelegenheit und besprechen Sie mit den Teilnehmern, was nicht in den Müll gehört. In der Regel empfiehlt es sich, dieses Gespräch an einem Ort zu führen, an dem man das fließende Wasser sehen kann und man sofort auf Gegenstände hinweisen kann, die nicht ins Abwasser gehören. Es empfiehlt sich auch, nach ihrer Praxis zu Hause zu fragen und vielleicht auch nach dem Umgang mit Ölen und Fetten.

Grundschule: Für ältere Schüler können Sie direkt Leitfragen zur chemischen Zusammensetzung des Abwassers stellen – welche organischen oder anorganischen Stoffe sind im Abwasser enthalten.

? Frage: Wie viel Abwasser produziert ein Mensch?

💡 Antwort: Die Menge und Qualität des vom Menschen produzierten Abwassers kann variieren. Für die Planung von Kläranlagen wurde eine Einheit namens Äquivalente Bevölkerung (EO) geschaffen, die die durchschnittliche Menge und Qualität des Abwassers widerspiegelt, das ein Einwohner an einem Tag produziert. Die Menge der durch ein EO verursachten Verschmutzung entspricht:

1 EO = 120–150 l/Tag Abwasser

1 EO = 60 g/Tag organische Stoffe (BSB5) 1 EO = 11 g/Tag N_{Gesamt} 1 EO = 2,5 g/Tag P_{Gesamt}

BSB5 (biologischer Sauerstoffbedarf) ist eine Analyseverfahren zur Bestimmung organischer Substanzen, die unter aeroben Bedingungen einem biochemischen Abbau unterliegen. Mit anderen Worten: Der biologische Sauerstoffbedarf drückt aus, wie viel Sauerstoff Bakterien benötigen, um organische Verschmutzungen im Abwasser zu entfernen.

In der Regel sind auch Industriegebäude an die Kläranlage angeschlossen. Zur Abschätzung der Schadstoffbelastung werden Umrechnungstabellen erstellt, mit deren Hilfe wir die Schadstoffbelastung entsprechend der Einwohnerzahl berechnen können.

Zum Beispiel:

Die Produktion von 1 Tonne Rüben in einer Zuckerfabrik entspricht 45-70 EO.

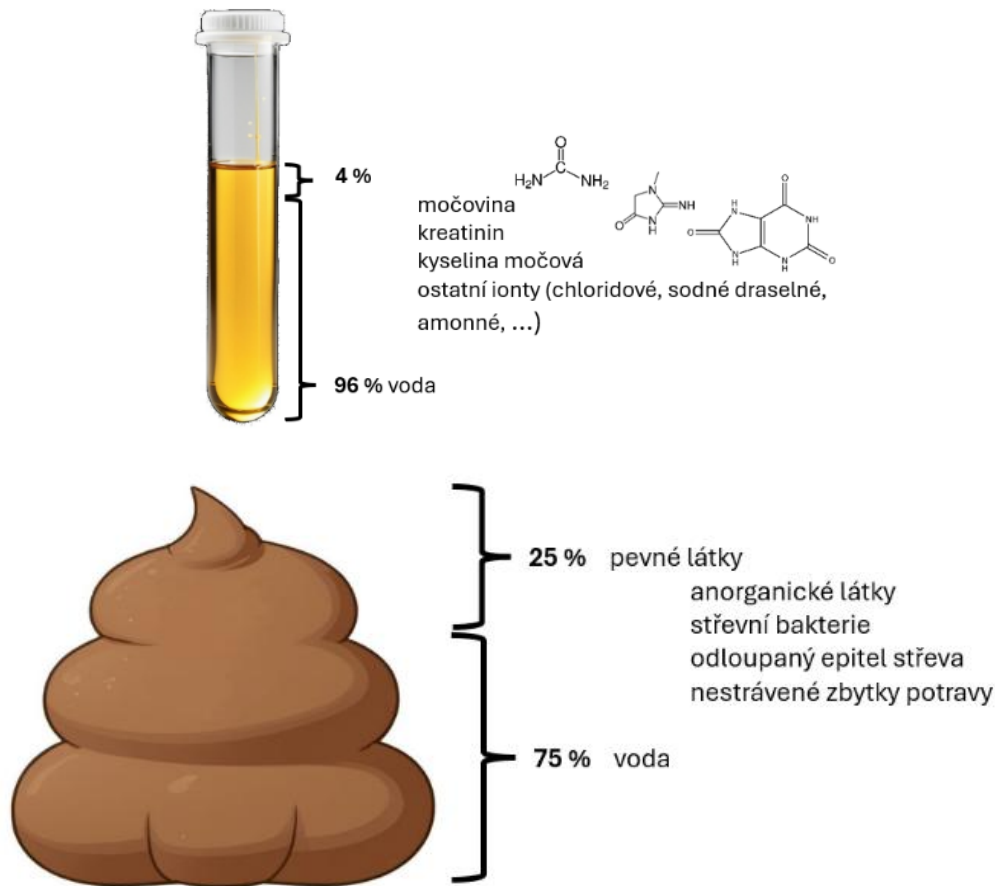
Die Produktion von 1 m³ Bier entspricht 150-350 EO.

Das Waschen von 1 Tonne Wäsche in einer Wäscherei entspricht 350-950 EO.

? Frage: Welche Stoffe enthalten menschlicher Urin und Kot?

💡 Antwort: Urin und Kot sind Abfallprodukte des menschlichen Stoffwechsels. Urin wird durch die Blutfiltration in den Nieren produziert und Stuhl wird im Dickdarm gebildet.

Die Zusammensetzung von menschlichem Urin und Stuhl ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Aus Sicht der Abwasserbehandlung ist Urin eine wichtige Stickstoffquelle. Andererseits sind Fäkalien eine Quelle für Phosphor und organische Substanzen. Organische Stoffe entstehen aus Nahrungsresten, die in unserem Körper nicht vollständig verdaut werden.



? Frage: Unterscheidet sich die Zusammensetzung des Abwassers in verschiedenen Städten/Orten oder ist sie überall gleich?

💡 Antwort: Abwasser aus Haushalten und sozialen Einrichtungen (Abwasser) hat ungefähr die gleiche Zusammensetzung. Wie bei Industrieabwässern hängt die Zusammensetzung hier stark von der Art der Industrie ab. Die Art der Verschmutzung hat großen Einfluss auf die in der Kläranlage eingesetzte Technologie.

? Frage: Was gehört in die Toilette und was nicht?



Interpretationstipp: In diesem Abschnitt empfiehlt es sich, die Besucher darüber aufzuklären, was nicht in die Kanalisation gehört bzw. nicht in die Toilette, in die Küchenspüle oder ins heimische Waschbecken gespült werden sollte.

💡 Antwort: Zum Abwasser gehören nicht:

- Essensreste
- Abfälle aus Küchenhäckslern
- Fette und Öle
- Hygieneartikel – Feucht- und Kosmetiktücher, Wattestäbchen, Wegwerfwindeln,...
- Siedlungsabfälle
- chemische Rückstände oder vielleicht Quecksilber

Kurios: Weihnachten ist eine kritische Zeit, in der es eine schlechte Angewohnheit der Menschen ist, große Mengen Öl in den Müll zu werfen. Öl gehört in Ölbehälter oder auf den Sammelplatz.

? Frage: Warum gehören diese Dinge nicht in die Kanalisation?

💡 Antwort: Weil sie Abwasserrohre und -geräte in der Kläranlage beschädigen oder verstopfen können. Beispielsweise setzt sich Fett an den Wänden des Abwasserkanals ab und andere Verunreinigungen (Servietten, Hygieneartikel,...) bleiben dann daran hängen. Dies kann zur völligen Verstopfung der Rohre führen und das Abwasser kann dann nirgendwo mehr abfließen. Es geht nicht nur um die Rohre, die das Abwasser zur Kläranlage transportieren, auch in den Abwasserrohren Ihres Hauses kann es zu Verstopfungen kommen. In einem solchen Fall ist die Abhilfe sehr kompliziert und unangenehm. Oder, im Falle von Essensresten, können sie eine Fülle von Ratten in der Kanalisation beherbergen, die Krankheiten übertragen können und in der Regel unwillkommene Gäste in Städten und Häusern sind, die dann durch Kanalisationsvernichtung bekämpft werden müssen. Bei gefährlichen Stoffen und Chemikalien besteht die Gefahr einer Schädigung der Technik der Kläranlage, insbesondere des biologischen Prozesses, sowie einer Gefährdung der an der Kanalisation und an der Kläranlage arbeitenden Personen.

Neugierig: Der bekannteste Fall einer Kanalverstopfung mit Fett und anderen Abwasserabfällen stammt aus London im Jahr 2017. Das angesammelte Material war 250 Meter lang und wog 130 Tonnen. Die Entfernung dauerte 9 Wochen. Im Englischen wurde für diese „Lagerstätte“ sogar der Name „Fatberg“ geprägt, der aus den Wörtern „fat“ – Fett und „iceberg“ – Eisberg entstand, im Tschechischen könnte man ihn „tukovec“ nennen.

2.4.2 Der Weg des Wassers zur Kläranlage



Interpretationstipp: Hier ist es gut zu wissen, wo das Abwasser zu Ihrer Kläranlage fließt (aus welchen Städten/Bezirken/Gemeinden), wie viel es anfällt (pro Jahr und pro Sekunde), von wie vielen Menschen es stammt, wie lang das Kanalnetz ist, das das Wasser bringt, wie lange es dauert, bis das Abwasser zur Kläranlage fließt. Sie können unter den Besuchern eine Umfrage darüber durchführen, wessen Abwasser hierher fließt, wohin das Abwasser ihrer Schule fließt usw.

? Frage: Wie erfolgt die Einleitung des Abwassers in die Kläranlage?

💡 Antwort: Abwasser aus Gebäuden wird über Rohre abgeleitet, die in größere Rohre münden und ein Kanalnetz bilden. Ein Abwassernetz ist ein Transportsystem, das Abwasser vom Ort seiner Entstehung zum Ort der Behandlung transportiert. Das Abwassernetz liegt unter der Erde, aber an den runden Kanaldeckeln auf der Straße können wir erkennen, wo es hinführt.

Je nachdem, ob Abwasser und Regenwasser gemeinsam abgeleitet werden, kann die Kanalisation bzw. das Kanalnetz unterschiedlich gestaltet werden. Ein einheitliches Netzwerk, in dem, wie der Name schon sagt, alle Abwässer unabhängig von ihrer Art, d. h. Abwasser zusammen mit Regenwasser, entfernt werden. Ein Kanalnetz, bei dem Abwasser und Regenwasser über getrennte Wege abgeleitet werden und sich nicht vermischen, wird als getrenntes System bezeichnet. Abwasser wird in eine Kläranlage eingeleitet, während Regenwasser beispielsweise in einen Wasserlauf eingeleitet wird.

Der Nachteil eines einheitlichen Kanalnetzes ist die Überlastung bei starkem Regen. Das Abwassernetz ist für die maximale Abwassermenge ausgelegt, die es aufnehmen kann, und das Gleiche gilt für die Kläranlage. Bei Überschreitung der Kapazität des Abwassernetzes oder der Kläranlage fällt das „zusätzliche“ Abwasser durch die Entlastungskammern direkt in den Gewässerlauf. Dieses unbehandelte Abwasser, das beispielsweise Abwasser aus Toiletten enthält, belastet die Gewässer.

Eine Möglichkeit, die Menge des Regenwassers, das in die Kanalisation gelangt, zu reduzieren, ist das gezielte Auffangen des Regenwassers. Regenwasser, das über den Gehweg, die Straße oder beispielsweise das Dach in den Kanal fließen würde, wird so umgeleitet, dass es in den Boden gelangt, wo es von Pflanzen genutzt werden kann.

Grundschule: Finden Sie heraus, wie weit die Schule entfernt ist, von der sie kommen, und vergleichen Sie diese mit der Länge des Abwassernetzes. Lassen Sie sie abschätzen, wie lange es dauern wird, bis das Abwasser in der Kläranlage ankommt. Besprechen Sie, wo und warum sich Schächte von Abwasserkanälen (Hauptstraßen) befinden. Es ist möglich, nach verschiedenen Objekten und Geräten von Abwassernetzen zu fragen, auf die sie gestoßen sind. Meistens wird ein Kanal erwähnt. Sie können ihnen sagen, dass sie korrekt als Abfluss oder Gula bezeichnet werden.

Neugierig: Auf der Straße treffen wir am häufigsten auf zwei Objekte, die gemeinhin als „Kanal“ bezeichnet werden. Sie haben vielleicht bemerkt, dass einige „Kanäle“ ein Gitter haben und den Wassereinfluss ermöglichen. Dabei handelt es sich um Abwasserkanäle, auch Gula genannt. Aber manche Luken haben entweder nur winzige Löcher oder gar keine Löcher. Hierbei handelt es sich um Kanalschachtabdeckungen, die den Zugang zu Kanalnetzobjekten ermöglichen. In der Regel verbergen sie einen Anschluss, eine Richtungsänderung des Abwasserkanals (Bruchschacht) oder es handelt sich um einen

Kontrollschacht, der regelmäßig angebracht wird, um den Zugang zum Abwasserkanal und dessen Reinigung mit Druckwasser und Spezialgeräten sicherzustellen.

? Frage: Warum stinkt die Kanalisation?

💡 Antwort: Bei der Zersetzung organischer Verbindungen im Abwassernetz entstehen Gase, die einen starken Geruch verursachen. Der Abbau organischer Verbindungen erfolgt an Orten mit geringem Abwasserfluss oder unzureichendem Gefälle des Kanalnetzes. Bei der Zersetzung schwefelhaltiger organischer Verbindungen entsteht Sulfan, ein giftiges Gas. Sulfan riecht nach faulen Eiern.

Auch die Luftströmung im Abwassersystem spielt eine wesentliche Rolle. Ist genügend Sauerstoff im Abwasser vorhanden, kommt es kaum zu Fäulnis.

Bei starkem Regen wird der gesamte abgesetzte Schmutz in das Kanalnetz gespült. Die erste Abwasserwelle, die die Kläranlage erreicht, ist daher sehr konzentriert.

Grundschule: Sie können den Schülern Raum geben und fragen, ob sie schon einmal den Geruch von Abwasser gerochen haben und womit sie ihn vergleichen würden.

SŠ: Sulfan riecht bereits in Konzentrationen von 0,5 ppm (Partikel pro Million). Hier können Sie die Schüler um einen Hinweis bitten: Wie viele Moleküle müssen sich ihrer Meinung nach im Abwasser befinden, damit wir Sulfan riechen können? Diese Frage regt die Schüler zum Nachdenken an und führt sie in die neuen Einheiten ppm ein, die in den USA häufig zur Angabe der Konzentration verwendet werden.

Sulfan riecht also nach der Konzentration, wenn auf zwei Millionen Moleküle Luft (Sauerstoff + Stickstoff) ein Molekül Sulfan in der Luft kommt. Oder bei einem Gehalt von 0,00005 % Sulfan in der Luft. Also 0,5 ml Sulfan in 1 m³ Luft.

? Frage: Leben Tiere in der Kanalisation?

💡 Antwort: Im Abwassernetz gibt es Ratten. Indem wir Essensreste in den Müll werfen, bieten wir ihnen eine Nahrungsquelle. Aus diesem Grund können sie sich in manchen Städten sogar vermehren. In den Frühlings- und Sommermonaten erfolgt ihre Ausrottung, indem Giftfallen in die Kanalisation gestellt werden, um die Rattenpopulation auf einem angemessenen Niveau zu halten. Hubex wird zur Vernichtung von Ratten verwendet – Futterfallen, die für feuchte Umgebungen geeignet sind. Diese enthalten beispielsweise Semmelbrösel, Mehl, Mais, Schokolade, Fett und den Wirkstoff Gerinnungshemmer.

Eine Ratte wird oft mit einer Ratte verwechselt. Die Ratte hat ein helleres Fell, ist größer, hat einen kürzeren Schwanz als ihr Körper und mag eine feuchte Umgebung. Die Ratte hat zwar ein bis zu schwarzgraues Fell, ist aber kleiner, aber ihr Schwanz ist länger als ihr Körper, und sie mag keine feuchte Umgebung.

? Frage: Wie hoch ist die Temperatur im Abwasserkanal?

💡 Antwort: Die Temperatur des Abwassers im Abwasserkanal hängt von der Jahreszeit ab und liegt zwischen 8 und 20 °C.

? Frage: Welche Form hat der Abwasserkanal?

💡 Antwort: Die Querprofile von Abwasserkanälen können unterschiedliche Formen haben. Die Grundform ist kreisförmig. Eine weitere Form ist die ovale Form, die sich ideal für gleichmäßige Abflüsse mit schwankendem Durchfluss eignet. Das Mundprofil wird verwendet, wenn die Überdeckungshöhe nicht ausreicht.

? Frage: Aus welchen Materialien besteht das Kanalisationsnetz?

💡 Antwort: Das Kanalnetz muss aus Materialien gebaut sein, die gegen Abrieb, Korrosion, Chemikalien und mikrobielle Einwirkung beständig sind. Für den Bau des Kanalnetzes werden Steinzeug, Beton, Gusseisen, Basalt, Kanalsteine (Glockensteine) oder Kunststoff verwendet.

Neugierig: Beim Bau von Abwasserkanälen wurden früher spezielle Keramikziegel, die sogenannten Glockenziegel, verwendet. Hierbei handelt es sich um sehr harte Ziegel aus Spezialton, die in einem Ziegelofen in reduzierender Flamme zweimal gebrannt werden. Alte Strumpfnetze sind beispielsweise in Rom (Forum Romanum) oder in Prag zu sehen, wo der Ausländereingang mehrmals im Jahr geöffnet ist (an der astronomischen Uhr in der Altstadt). Hier besteht die Möglichkeit, die Verbindungskammer zu betreten, die vor mehr als hundert Jahren erbaut wurde.

2.4.3 Kläranlage



Interpretationstipp: Dieser Teil muss so zusammengestellt werden, dass er Ihrer spezifischen Reinigungsanlage entspricht. In den folgenden Abschnitten finden Sie allgemein beschriebene Schritte zur Abwasserbehandlung. Für eine genauere Erläuterung der einzelnen Technologien, die in Ihrer Kläranlage zum Einsatz kommen, können Sie Kapitel 3. Beschreibung der Kläranlagentechnologien verwenden. Dieses Kapitel ist als sogenannter Katalog konzipiert, aus dem Sie nur die Teile auswählen können, die Ihnen bei der Interpretation der Exkursion passen.

? Frage: Wo und wie wird Abwasser gereinigt?

💡 Antwort: Auf der Kläranlage.

Das Abwassernetz transportiert das Abwasser zur Kläranlage, wo die Behandlung beginnt. Kleine Mengen an Schadstoffen kann die Natur selbst reinigen, dieser Vorgang wird Selbstreinigung genannt. Die Kläranlage nutzt die gleichen Prinzipien wie die Natur, nur schaffen wir optimale Bedingungen, damit sie so schnell wie möglich ablaufen.

Die Art und Weise, wie das Wasser gereinigt wird, variiert je nach Standort, abhängig von den Technologien, mit denen die Kläranlage ausgestattet ist, der Art des zufließenden Abwassers und auch davon, wie viel Wasser gereinigt wird.

Wenn möglich, durchfließt das Abwasser die Kläranlage durch Schwerkraft, also durch Schwerkraftabfall. Dies ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf den Stromverbrauch. Wir sparen Energie ein, die wir sonst für den Betrieb der Pumpen aufwenden würden.

Zuerst müssen wir große Gegenstände entfernen, die im Wasser schwimmen oder auf dem Boden liegen. Das können zum Beispiel Steine, Sand, Essensreste oder Feuchttücher sein. Diese Gegenstände werden so entfernt, dass der Wasserfluss verlangsamt wird und sich der Schmutz am Boden absetzt (Kiesfang, Sandfang) oder auf Rosten oder Sieben aufgefangen wird (Kämmerei). Zusätzlich zu den oben genannten Objekten sind im Wasser auch ungelöste organische Stoffe vorhanden, die in Absetzbecken aufgefangen werden. Dieses abgesetzte Material, Primärschlamm genannt, wird zur Weiterverarbeitung in die Schlammbewirtschaftung abgepumpt. Im Wasser verbleiben dann Verschmutzungen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, also im Wasser gelöst sind.

Gelöste Verunreinigungen können Bakterien und andere Mikroorganismen bis zu einem gewissen Grad aus dem Wasser entfernen (Belebungsbecken). In der Fachsprache wird die Ansammlung dieser Bakterien Belebtschlamm genannt, der Reinigungsprozess biologische Reinigung.



Interpretationstipp: Es empfiehlt sich, die Tiefe der Beschreibung der biologischen Abwasserreinigung an die Zielgruppe anzupassen. Nachfolgend bieten wir Varianten entsprechend dem Niveau der Zuhörer an.

ZŠ: In der Kläranlage halten wir diese Bakterien wie Tiere in einem Zoo. Wir kümmern uns um sie, indem wir für sie geeignete Lebensbedingungen schaffen und ihnen Abwasser als Nahrung geben. Wir züchten hier verschiedene Arten von Bakterien. Welche Bedingungen brauchen sie zum Leben? Es kommt auf ihre Natur an, manche brauchen viel Luft zum Leben, andere schätzen es, wenn sie überhaupt keine Luft haben. Zufriedene Bakterien leben

zusammen und bilden solche kleinen Städte, die wir als Flocken bezeichnen, vermehren sich und ihre Population wächst.

SŠ: Belebtschlamm besteht aus Mikroorganismen, die wir in der erforderlichen Menge in der Kläranlage halten. Zu den Mikroorganismen im Belebtschlamm zählen Bakterien, Protozoen (Mistkäfer, Weichtiere, Krebstiere), Metazoen (Rädertiere, Nematoden, Würmer) sowie Schimmelpilze, Pilze und Hefen.

Interpretationstipp: Hier wäre es gut, den Kindern einige Bilder der genannten Mikroorganismen oder ein Video, beispielsweise auf einem Mobiltelefon, zu zeigen, damit es nicht nur eine lange Erklärung ist. Darüber hinaus können Sie Kinder dazu ermutigen, ihren Biologielehrer in der Schule um zusätzliche Informationen zu bitten.

Bakterien wandeln Schadstoffe aus Abwässern durch ihren Stoffwechsel um, d. h. die Schadstoffe dienen ihnen als Nahrung. Wir unterscheiden verschiedene Arten von Bakterien anhand ihres Stoffwechsels. Bakterien, die das organische Substrat oxidieren (organotrop), Bakterien, die Ammoniakstickstoff und Nitritstickstoff zu Nitratstickstoff oxidieren (nitrifizierend), Bakterien, die Nitratstickstoff zu gasförmigem Stickstoff reduzieren (denitrifizierend) und Bakterien, die eine höhere Menge an Phosphor (Poly-P) in ihren Zellen ansammeln. Einzelne Bakterienarten benötigen für ihren Stoffwechsel geeignete Sauerstoffbedingungen – oxidierende Bakterien benötigen Sauerstoff, reduzierende Bakterien hingegen praktisch sauerstofffreie Bedingungen. Daher ändern sich die Bedingungen in der Kläranlage, sodass jede Bakterienart ihre Aufgabe erfüllen kann. Bakterien leben in Flocken zusammen, vermehren sich und ihre Menge bzw. Konzentration im System nimmt zu.

Neugierig: Zwischen den einzelnen Organismenarten im Belebtschlamm herrscht ein ständiger harter Wettbewerb um Ressourcen („Nahrung“). Das Bakterium, das unter den gegebenen Bedingungen die meiste Energie gewinnen kann, wird sich am meisten vermehren und somit beginnen, die weniger erfolgreichen zu dominieren und zu verdrängen. Verschiedene Bakteriengruppen, die verschiedene Arten von Schadstoffen abbauen, halten oft völlig unterschiedliche Bedingungen für ideal. Darüber hinaus können die meisten Bakterien „Nahrung“ über verschiedene Stoffwechselwege verarbeiten. Beispielsweise entfernen sie in Gegenwart von Sauerstoff organisches Material durch die sogenannte aerobe Atmung, doch wenn kein Sauerstoff verfügbar ist, können sie ihren Stoffwechsel auf die deutlich ungünstigere Denitrifikation umstellen. Organismen „wählen“ immer den Prozess, aus dem sie unter den gegebenen Bedingungen die meiste Energie gewinnen. In Kläranlagen benötigen wir jedoch häufig auch Bakterien, die wenige Nährstoffreaktionen ausführen und daher langsam wachsen. Wir versuchen, die bestmöglichen Bedingungen für sie zu schaffen und sie zu verwöhnen. Ein typisches Beispiel sind nitrifizierende Organismen, für die wir Regenerationsbecken mit Sauerstoffüberschuss bauen, in denen sie gespeicherte Stoffe „ruhen“ und „verdauen“ können.

Belebtschlammorganismen sind wirklich mikroskopisch klein, ihre Größe reicht von einigen zehn bis zu Einheiten von Mikrometern. Zur Veranschaulichung: Ein Mikrometer ist ein Millionstel Meter. Diese winzigen Organismen können nur kleine Nahrungsmoleküle aufnehmen. Die meisten Schadstoffe im Wasser sind jedoch viel größer. Wie können Bakterien diese größeren

Verunreinigungen verdauen? Dazu nutzen Bakterien spezielle Chemikalien, sogenannte Exoenzyme. Enzyme sind Stoffe, die chemische Reaktionen beschleunigen oder verlangsamen. Bei Belebtschlambakterien hilft ihnen ein Prozess namens Hydrolyse. Die Vorsilbe „exo“ bedeutet, dass diese Enzyme von den Bakterien aus ihrem Körper in die Umwelt abgegeben werden. Es ähnelt einer Spinne, die ihre Verdauungssäfte einer in ihrem Netz gefangenen Fliege injiziert. Anstelle einer Fliege im Spinnennetz haben wir in diesem Fall Abwasser im Tank. Lange Schadstoffmoleküle werden mit Hilfe von Exoenzymen in kleinere Moleküle gespalten. Diese sind bereits so klein, dass die Bakterien sie in ihren Zellen aufnehmen und dort weiterverarbeiten und verdauen können.

Anschließend gelangen die Bakterien weiter in Absetzbecken, wo sie vom gereinigten Wasser getrennt werden müssen. Bakterien in Flocken (oder in ihren „Städten“) sinken langsam auf den Boden des Tanks. Wir müssen die meisten Bakterien wieder in den Prozess einbringen, um das neu zufließende Abwasser zu reinigen. Dies ist ein kontinuierlicher Prozess und wir können es uns nicht leisten, darauf zu warten, dass eine neue vollwertige Kultur von Mikroorganismen wächst. Und weil sich Mikroorganismen sehr schnell vermehren, werden einige von ihnen aufgrund von „Redundanz“ aus dem Prozess entfernt und zur weiteren Verarbeitung in das Schlammmanagement gepumpt.

Oben im Absetzbecken befindet sich gereinigtes Wasser, das über die Ränder oder in ein untergetauchtes Abflussrohr fließt und von der Kläranlage zurück in die Natur (z. B. in einen Wasserlauf) fließt.

Neugierig: Von Belebtschlamm nur über Bakterien zu sprechen, ist eine grobe Vereinfachung. Tatsächlich ist Belebtschlamm ein ganzer Mikrokosmos mit unzähligen verschiedenen Bakterienarten, die ihn dominieren, aber darüber hinaus finden sich im Belebtschlamm auch höhere Mikroorganismen wie verschiedene Protozoen, Metamorphen, Ciliaten, Helminthen, Rädertierchen oder Milben und unter geeigneten Bedingungen und an bestimmten Orten auch photosynthetisierende Organismen wie Algen.



Interpretationstipp: Hier ist es gut, die Besucher darauf hinzuweisen, dass dieses Wasser nicht trinkbar ist! Und es ist angebracht zu erklären, warum.

? Frage: Ist das aus der Kläranlage fließende Wasser trinkbar?

💡 Antwort: Das so gereinigte Wasser ist sauber genug, um den Bach nicht mit erhöhten Mengen an organischen Stoffen, Stickstoff und Phosphor zu belasten, aber es ist nicht trinkbar! Es ähnelt dem Trinken von Wasser direkt aus einem Fluss oder einer Pfütze. Aus diesem Wasser müssen Bakterien entfernt werden, die Verdauungsprobleme verursachen könnten.

? Frage: Wo wird Trinkwasser produziert?

💡 Antwort: In der Trinkwasseraufbereitungsanlage. Dabei handelt es sich um ein weiteres Gerät, bei dem Trinkwasser aus Wasser natürlichen Ursprungs hergestellt wird.

2.4.4 Abwasserqualität und -kontrolle



Tipp zur Interpretation: Es ist Platz zu erwähnen, in welches Gewässer das gereinigte Wasser fließt und welche Güteklasse es beispielsweise hat und ob die Strömung im Bach ausreichend ist.

Wenn Sie über eine mobile Analytik verfügen (pH-Sonde, Tröpfchentests,...), können Sie die Qualität des Abwassers durch Besucher überprüfen lassen.

? Frage: Wie stellen wir fest, dass das gereinigte Abwasser in Ordnung ist?

💡 Antwort: Die Qualität des Abflusses wird auf unterschiedliche Weise beurteilt. Am einfachsten ist es, die Sinne zu nutzen (Sehen, Riechen) – erfahrene Arbeiter merken sich, wie der Abfluss normalerweise „aussieht“, wenn sich etwas ändert (Farbe, Transparenz, Flockenmenge, Geruch), suchen sie nach der Ursache. Ein weiteres Hilfsmittel sind Online-Sonden und -Analysatoren (z. B. zur Messung von Ammoniak, Nitraten, Trübung, Phosphaten usw.), die jedoch sehr teuer sind (mehr als Zehntausende bis Hunderttausende CZK pro Stück) und daher in wirklich großen Kläranlagen eingesetzt werden. Es können auch tragbare Sonden und „Tropfentests“ eingesetzt werden, bei denen die Farbe mit einer Farbskala verglichen wird. Am genauesten ist die Bestimmung von Stoffen im Labor.

? Frage: Welche Qualität soll das gereinigte Abwasser haben?

💡 Antwort: Die Qualität des Abwassers aus der Kläranlage unterliegt gesetzlichen Vorschriften. Die tschechischen Vorschriften entsprechen der Gesetzgebung der Europäischen Union. Die Grenzwerte werden sowohl für die Grenzwerte einzelner Verbindungen als auch für die Effizienz der Entfernung einzelner Stoffe in der Kläranlage festgelegt. Die Höhe der Grenzwerte richtet sich nach der Größe der Kläranlage: Je größer die Kläranlage, desto strenger sind die Grenzwerte. Die genauen Grenzwerte für Kläranlagen werden von der Wasserbehörde festgelegt und jede Kläranlage kann leicht unterschiedliche Grenzwerte haben. Die Qualität des abfließenden gereinigten Wassers unterliegt unabhängigen Kontrollen durch Behörden, beispielsweise die tschechische Umweltinspektion, Wasserbehörden usw. Bei Überschreitungen der Grenzwerte zahlen die Betreiber von Kläranlagen Bußgelder.

Um die Menge des gereinigten Abwassers zu messen, werden am Auslass der Kläranlage Durchflussmessungen des gereinigten Wassers installiert. Am häufigsten wird ein Parshall-Trog mit einem Füllstandsensor zur Messung des Wasserdurchflusses verwendet.

In manchen Gewässern (Flüsse, Bäche) ist das Abwasser der Kläranlage für einen Großteil des Fließwassers verantwortlich. Es gibt auch Fälle, in denen die Qualität des Abwassers aus der Kläranlage höher ist als die Qualität des Wassers in der Wasserstraße. Die von der Wasserbehörde festgelegten Grenzwerte werden hinsichtlich der Nutzung des Wassers flussabwärts (Freizeit- oder Trinkwassergewinnung) geändert.

ZS: Überlasten Sie diese Schüler nicht mit den Einzelheiten gesetzlicher Vorschriften. Es genügt zu sagen, dass das gereinigte Wasser bestimmte Parameter der Konzentration von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor erfüllen muss, bevor es in den Fluss fließt, und dass keine großen Mengen ungelöster Stoffe darin schwimmen dürfen.

Sekundarschule: Wir können diesen Schülern genauer erklären, wie die Probenahme und Messung des Wasserdurchflusses funktioniert.

Neugierige: Wenn jemand sehr daran interessiert ist, die Grenzwerte für die Abwassereinleitung herauszufinden, kann er sich auf das Dekret Nr. 401/2015 Slg. beziehen. Ein interessantes Merkmal der Gesetzgebung ist die Einführung zweier Grenzwerte „m“ und „p“. Das Symbol „m“ gibt den maximal nicht überschrittenen Grenzwert an, das Symbol „p“ den zulässigen Grenzwert, der bei einer bestimmten Menge an Abflussproben im zulässigen Umfang überschritten werden darf.

? Frage: Welche Möglichkeiten der weiteren Reinigung gibt es, um das Wasser noch sauberer zu machen?

💡 Antwort: In bestimmten Fällen wird Wasser durch eine sogenannte Tertiärbehandlung aufbereitet (mechanische und biologische Behandlung kann als primär und sekundär bezeichnet werden), die bereits spezielle Methoden zur Anpassung spezifischer Wasserqualitätsindikatoren umfasst, die für das jeweilige behandelte Wasser oder den jeweiligen Empfänger charakteristisch oder bedeutsam sind.

In Kläranlagen wird zunehmend eine Tertiärbehandlung eingesetzt, da sich die Grenzwerte schrittweise verschärfen und die alleinige Primär- und Sekundärbehandlung nicht mehr eingehalten werden kann.

Zu den tertiären Reinigungsmethoden gehören Desinfektion, Membrantechnologien, chemische Fällung von Phosphor oder Filtration durch eine Aktivkohleschicht. Mit anderen Worten, es handelt sich um Wasserwerkmethoden.

ZŠ: Wenn Ihre Kläranlage über keine der Tertiärbehandlungstechnologien verfügt, reicht es aus, am Ende der Entwässerungsanlage zu sagen, dass der Bedarf an gereinigtem Abwasser allmählich steigen wird und aus diesem Grund andere Technologien in der Kläranlage auftauchen werden.

Kurios: Im Jahr 2024 wird eine neue Richtlinie der Europäischen Union zur Abwasserbehandlung veröffentlicht, die die Grenzwerte für Nährstoffe im eingeleiteten Abwasser drastisch verschärfen wird.

2.4.5 Die Zukunft der Reinigung

? Frage: Wie wird die Abwasserbehandlung in den nächsten Jahren und Jahrzehnten aussehen?

💡 Antwort: In einigen Kläranlagen auf der Welt gibt es bereits eine Tertiär- und Quartärbehandlung, also die nächste Reinigungsstufe, wenn hochwertiges Wasser die Kläranlage verlässt. Allerdings gelangt dieses Wasser nicht mehr nur in die Wasserstraße. Aufgrund seiner hohen Qualität ist ein Recycling (Wiederverwendung) möglich.

? Frage: Wofür kann recyceltes Wasser verwendet werden?

💡 Antwort: Zu den möglichen Verwendungsmöglichkeiten für recyceltes Wasser gehören:

- Bewässerung und Landwirtschaft – Bewässerung von Gärten, Stadtgrün, Golfplätzen und landwirtschaftlichen Flächen
- Industrielle Anwendungen – Einsatz in verschiedenen industriellen Prozessen wie Kühlen oder Waschen
- Landschaftsbau – künstliche Versickerung oder Auffüllung von Seen und Brunnen

In Zukunft wird es einen großen Druck auf die Qualität des eingeleiteten Abwassers geben, nicht nur im Hinblick auf Nährstoffe, sondern auch auf Mikroschadstoffe wie Medikamentenrückstände, Antibiotikaresistenzgene, Mikroplastik, Pestizide usw.

Auf der ganzen Welt ändert sich die Bezeichnung „Abwasseraufbereitungsanlage“ (im Englischen) bereits in einer losen Übersetzung zu „Water Reclamation Plant“, also einem Ort, an dem wir Wasser zurückgewinnen.

Er ist neugierig: Im Zusammenhang mit Abwasser wird oft über sogenannte Mikroverunreinigungen gesprochen. Dies ist ein weit gefasster Begriff, der Stoffe wie Arzneimittelrückstände, Hormone, Mikroplastik, Pestizide, Stoffe aus Körperpflegeprodukten und einige in der Industrie verwendete Stoffe umfasst. Hierbei handelt es sich um eine breite Gruppe von Stoffen, die in sehr geringen Konzentrationen im Abwasser vorkommen. Der Grad ihrer Entfernung in Reinigungsanlagen ist unterschiedlich, es kommt immer auf den konkreten Stoff an. Ihre Entfernung wird auch dadurch erschwert, dass ihre Konzentrationen im Abwasser sehr gering sind. Für eine effektivere Beseitigung wird es in Zukunft notwendig sein, die Technologien der Kläranlage durch spezielle Stufen wie fortgeschrittene chemische Oxidation, Sorption an Aktivkohle und dergleichen zu ergänzen.

2.5 Die Geschichte der aus Abwasser gewonnenen Stoffe und Energie



Interpretationstipp: Wenn Sie diesen Abschnitt erzählen, müssen Sie die Teilnehmer wirklich begeistern, da die Abwasserbehandlung in der Gesellschaft immer noch stark stigmatisiert ist.

Die Menschen verstehen die Notwendigkeit einer Abwasserbehandlung, betrachten sie jedoch nur als Notwendigkeit. Sie können den Teilnehmern eine neue Perspektive auf diese Seite der Sache eröffnen – in Kläranlagen können wir bei der Reinigung von Abwässern wertvolle Stoffe gewinnen, z.B. Belebtschlamm gilt als Abfall, kann aber auch als wertvoller Rohstoff angesehen werden! Der Schlamm selbst hat ausgezeichnete Düngeeigenschaften, er gibt Nährstoffe nach und nach ab und trägt außerdem dazu bei, dass der Boden Wasser speichert. Durch die Weiterverarbeitung des Schlammes können wir Energie (z. B. durch die Aufbereitung von Biogas) sowie die im Schlamm enthaltenen Elemente – hauptsächlich Phosphor- und Stickstoffverbindungen – gewinnen.

Abwasser enthält eine unglaublich große Menge unterschiedlicher Stoffe und Energie. Betrachten wir zum Beispiel die menschliche Verdauung, so gelangt ein großer Teil der Stoffe aus der Nahrung ins Abwasser, weil unsere Verdauung nicht ganz perfekt ist und wir nicht alle Stoffe vollständig verwerten können.

ZS: Fassen Sie nur die Stoffe zusammen, die aus Abwasser gewonnen werden können, und konzentrieren Sie sich auf die Verwendung von Schlamm auf landwirtschaftlichen Flächen oder die Verbrennung.

Sekundarstufe: Ältere Schüler können sich näher mit der anaeroben Stabilisierung und Ausfällung von Phosphor befassen.

Kurios: Beschreiben Sie detailliert die verschiedenen Verbrennungsarten (Pyrolyse, Vergasung), welche Produkte dabei entstehen und erwähnen Sie Pflanzenkohle als perspektivischen Stoff. Zu dieser Gruppe gehört auch das Thema der Veredelung von Biogas zu Biomethan. Erwähnenswert ist, dass einige Kläranlagen in Europa (sogar in der

Tschechischen Republik) bereits energieautark sind oder dank der ausreichenden Produktion von Biogas sogar mehr Energie produzieren als sie verbrauchen.

? Frage: Welche Stoffe können wir aus Abwasser gewinnen?

💡 Antwort: Zusammenfassung der Stoffe, die wir aus Abwasser gewinnen können:

- Organische Stoffe, N, P,....
- Schlamm
- Energie
- Sonstiges – Fett, Zellulose
- Kies, Sand

Neugierig: Früher wurden Fäkalien in der Landwirtschaft hauptsächlich als Dünger verwendet. Früher wurde Urin als Reinigungsmittel verwendet, die alten Römer nutzten Urin, um ihre Zähne aufzuhellen. Um die Farbe haltbarer zu machen, wurden die Stoffe vor dem Färben in Urin eingeweicht. Urin war auch ein wichtiger Rohstoff für die Herstellung von Schießpulver. Mit Fäkalien wurde Leder behandelt, Gerber verfügten in Kneipen über sogenannte Urinale, um den Urin aufzufangen.

? Frage: Welche Stoffe werden bei der mechanischen Wasserreinigung aus dem Wasser abgetrennt?

💡 Antwort: Im mechanischen Teil der Kläranlage gewinnen wir aus Abwasser Schlacken, Sand, Kies, Öle und Fette. Abfälle sind hygienisch bedenklich und werden deshalb deponiert oder in Verbrennungsanlagen verbrannt. Ein Einwohner produziert durchschnittlich 5-15 Liter Scherben pro Jahr. Auch Sand und Kies sind hygienisch bedenklich, können aber nach Aufbereitung beispielsweise in der Bauindustrie eingesetzt werden. Bei der anaeroben Stabilisierung werden Öle und Fette eingesetzt und daraus anschließend Biogas erzeugt, das energetisch genutzt werden kann.

? Frage: Wie werden Nährstoffe aus dem Abwasser entfernt?

💡 Antwort: Zur Entfernung dieser Elemente werden mehrere biologische Prozesse eingesetzt, die im Belebungsbecken der Kläranlage stattfinden.

Kohlenstoffentfernung

- Oxidation organischer Stoffe durch Einwirkung von Mikroorganismen in Gegenwart von Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser. Kohlendioxid ist ein harmloses Gas, das in die Atmosphäre entweicht.

Stickstoffentfernung – Nitrifikation und Denitrifikation

- Stickstoff gelangt hauptsächlich über den Urin ins Abwasser.
- Stickstoff wird durch zwei Prozesse entfernt: Nitrifikation und Denitrifikation.
- Bei der Nitrifikation oxidieren nitrifizierende Bakterien das Ammoniumion über Nitrite zu Nitraten. Dabei müssen die Tanks intensiv belüftet werden, da dabei viel Sauerstoff verbraucht wird. Eine Belüftung ist energetisch und damit auch finanziell anspruchsvoll. Die Belüftung erfolgt mit Hilfe von Gebläsen und Belüftungselementen, die sich am Boden des Tanks befinden. Das Gebläse bläst Luft in diese Elemente. Aus den Elementen entstehen anschließend feine Bläschen.

- Bei der Denitrifikation werden Nitrate in Stickstoffgas umgewandelt. Am Ende verschwindet Stickstoff (ein harmloses Gas, das etwa 78 % der Atmosphäre ausmacht) aus unserem Wasser und gelangt in unsere Atmosphäre. Bei der Denitrifikation wird auch organischer Kohlenstoff aus dem Abwasser verbraucht.
- Bei einem Mangel an organischem Kohlenstoff im Abwasser ist es notwendig, den Tanks ein externes Substrat (meist Methanol) zuzuführen – das externe Substrat nutzen die Bakterien dann, um Nitrat in Stickstoffgas umzuwandeln.
- Da ausreichend organischer Kohlenstoff vorhanden ist, gibt es in der Regel vor der Nitrifikation ein Becken, in dem die Denitrifikation stattfindet. Zwischen den Becken erfolgt dann ein interner Kreislauf, bei dem ein Teil des Abwassers aus der Nitrifikation zurück in die Denitrifikation gepumpt wird, sodass die bei der Nitrifikation entstehenden Nitrate zur Denitrifikation transportiert werden, wo die Bedingungen für ihre Entfernung geeignet sind. Hinweis: Dieser Abschnitt kann je nach chemischer Reinigung erheblich variieren. Passen Sie die Interpretation an Ihre Technologie und insbesondere an Ihr Publikum an. Eine detaillierte Beschreibung der Stickstoffentfernung kann für Grundschulen, oft aber auch für weiterführende Schulen sehr verwirrend und kompliziert sein.

Phosphorentfernung – chemische Fällung oder verbesserte biologische Phosphorentfernung

- Phosphor gelangt über Fäkalien, aus Industriegewaschereien (hier dürfen Phosphatwaschmittel verwendet werden) und über Tabs in Geschirrspülmaschinen ins Abwasser.
- Phosphor kann durch chemische Fällung oder verstärkte biologische Entfernung von Phosphor mithilfe spezieller phosphorakkumulierender Bakterien aus dem Wasser entfernt werden.

? Frage: Entstehen beim Entzug von Nährstoffen Treibhausgase?

💡 Antwort: Bei der Aktivierung entstehen Treibhausgase: Kohlendioxid (ein Produkt der Entfernung von organischem Kohlenstoff), Lachgas (entsteht bei der Nitrifikation) und an manchen Orten mit extrem geringer Sauerstoffkonzentration Methan. Lachgas und Methan haben einen deutlich höheren Treibhauseffekt als Kohlendioxid. Weitere Treibhausgase entstehen bei der Stromerzeugung zum Antrieb von Maschinen in der Kläranlage.

? Frage: Was ist Schlamm aus Sicht der Schlammbewirtschaftung?

💡 Antwort: Schlamm ist ein Abfallprodukt der Abwasserbehandlung, das 1–2 % des Volumens des behandelten Wassers ausmacht, in dem sich jedoch 50–80 % der ursprünglichen Verschmutzung im Zulauf zur Kläranlage konzentrieren. Ziel der Behandlung und Verarbeitung von Schlamm ist es, negative Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu minimieren. Wir gehen mit Schlamm auf unterschiedliche Weise um, die von der Größe der Kläranlage abhängt.

In der Kläranlage sammeln wir Schlamm aus zwei Tanks. Zunächst entfernen wir den Schlamm aus dem Absetzbecken, den sogenannten Primärschlamm. Anschließend entfernen wir den Schlamm aus dem Absetzbecken, der als Sekundär- oder Überschussschlamm bezeichnet wird. Das Gemisch aus Primär- und Sekundärschlamm wird als Rohschlamm bezeichnet.

ZS: Wenn Sie und die Teilnehmer vom Abfluss zum Schlammmanagement übergehen, ist es eine gute Idee, sie noch einmal vereinfacht daran zu erinnern, was Schlamm ist und woher er kommt.

SŠ: *Mit dieser Studentengruppe ist es ideal, zu Beginn der Schlammbewirtschaftung eine Debatte darüber zu beginnen, welche Stoffe im Schlamm enthalten sind und was mit ihnen passieren kann, und dabei zu versuchen, auch andere Stoffe als nur organische Verschmutzungen zu erreichen. Schlamm enthält eine Mischung aus organischen und anorganischen Stoffen, Wasser und verschiedenen giftigen Stoffen wie Schwermetallen, Pestiziden, Medikamentenrückständen oder pathogenen und anderen Mikroorganismen.*

Kurios: *Die Kosten einer akzeptablen Schlammbehandlung entsprechen etwa 50 % der Betriebskosten der Abwasserbehandlung. Bei kleineren Kläranlagen lohnt sich eine Schlammbewirtschaftung nicht.*

? Frage: Wie erfolgt die Schlammaufbereitung in Kleinkläranlagen?

💡 Antwort: In kleinen Kläranlagen findet aufgrund unzureichender Biogasproduktion keine anaerobe Stabilisierung statt. Dies bedeutet, dass der Schlamm in der Regel entweder aerob stabilisiert oder entwässert wird oder flüssig zu einer größeren Kläranlage transportiert wird. Bei der aeroben Stabilisierung wird der Schlamm entweder längere Zeit im Belebungsbecken belassen oder in einen belüfteten Schlammsumpf gepumpt. Nach der Entwässerung kann der Schlamm zu einer größeren Kläranlage transportiert werden, wo er anschließend in Faulbehälter überführt wird.

? Frage: Wie erfolgt die Schlammaufbereitung in größeren Kläranlagen mit Schlammmanagement?

💡 Antwort: In mittleren und großen Kläranlagen wird am häufigsten die anaerobe Schlammstabilisierung (oder anaerobe Vergärung) eingesetzt. Ein großer Teil der ursprünglich im zufließenden Abwasser enthaltenen Schadstoffe konzentriert sich im Schlamm. In größeren Kläranlagen wird ein Teil dieser Schadstoffe in Faulbehältern (durch anaerobe Stabilisierung) in Biogas umgewandelt.

Bei der anaeroben Stabilisierung wird der Schlamm in Tanks gesammelt, in denen der Zugang zu Sauerstoff eingeschränkt ist (=anaerobe Umgebung). In diesen Tanks werden die im Schlamm enthaltenen Stoffe mit Hilfe spezieller Bakterien (methanogene Bakterien) zu Biogas zersetzt. Je nach Temperatur in den Tanks unterscheiden wir zwischen mesophiler (35 °C) und thermophiler Vergärung (55 °C).

Nachdem der Schlamm das Faulbecken passiert hat, wird er zu stabilisiertem Schlamm, was bedeutet, dass in ihm keine intensive spontane Zersetzung mehr stattfinden sollte. Bei der anaeroben Vergärung wird etwa die Hälfte der Trockenmasse des Schlammes in Biogas umgewandelt.

SŠ: *Der Verdauungsprozess wird auch als anaerobe Stabilisierung bezeichnet. Die im Schlamm enthaltenen Bakterien verstoffwechseln organische Stoffe nach und nach zu Einfachzuckern und Alkoholen und anschließend zu Kohlendioxid, Wasserstoff und Methan. Das dabei entstehende Gasgemisch wird Biogas genannt und besteht hauptsächlich aus Kohlendioxid und Methan (ca. 60-80 %). Ein Gerät, in dem Biogas in Wärme und Strom umgewandelt wird, wird als Blockheizkraftwerk bezeichnet. Biogas wird zum Antrieb eines Verbrennungsmotors oder einer Turbine verwendet. Die Verbrennung von Biogas erzeugt Wärme und treibt gleichzeitig einen Generator an, der Strom erzeugt.*

Neugierig: *Bei der anaeroben Stabilisierung entstehen neben Kohlendioxid und Methan auch Ammoniak (Ammoniak) und Sulfan, also stark riechende Gase.*

Kurios: Methanogene Bakterien sind entwicklungsstechnisch eine sehr alte Bakteriengruppe, sie erschienen vor 3,5 Milliarden Jahren (das Alter der Erde beträgt 4,5 Milliarden Jahre). Zu dieser Zeit gab es keinen Sauerstoff in der Atmosphäre und die Erdatmosphäre ähnelte der heutigen der Venus. Im Vergleich dazu erschienen Dinosaurier vor 250 Millionen Jahren und der Mensch vor 2,8 Millionen Jahren. Wenn die Achse 0 (Erschaffung der Erde) und 10 (Gegenwart) wäre, dann erschienen Methanogene bei Punkt 2,22, Dinosaurier bei 9,44 und der Mensch bei 9,99).

? Frage: Wozu dient stabilisierter Schlamm?

💡 Antwort: Der Einsatz von stabilisiertem Schlamm hängt von seiner Qualität ab. Dieser Schlamm kann aufgrund seiner düngenden Eigenschaften auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht werden, da er große Mengen an organischer Substanz, Phosphor und Stickstoff enthält. Es kann auch in Kompostieranlagen eingesetzt werden. Eine weitere Verarbeitungsmethode ist die thermische Verarbeitung, die Verbrennung, Pyrolyse oder Vergasung umfasst. Bei der Pyrolyse entstehen Pyrolysegas (Syngas), Öl und feste Rückstände (Biokohle). Pflanzenkohle scheint heutzutage ein vielversprechender Stoff zu sein, der beispielsweise die Wasserspeicherung im Boden erhöht.

Die Frage der Ausbringung von stabilisiertem Schlamm auf landwirtschaftlichen Flächen ist komplex, denn einerseits wissen wir, dass Schlamm ein wertvoller Dünger ist, andererseits kann er aber auch eine Quelle zahlreicher Schadstoffe wie Schwermetalle, Medikamentenrückstände, pathogene Mikroorganismen (z. B. Salmonellen) und persistente organische Substanzen sein. Daher muss die Ausbringung von Schlamm auf landwirtschaftlichen Flächen unbedingt den gesetzlichen Vorschriften entsprechen. Gesetzliche Vorschriften überwachen nicht nur die Qualität des Schlammes, sondern auch, in welcher Menge und wo Schlamm ausgebracht werden darf. Technisch gesehen ist es erforderlich, Vertragsbauern zu haben, die über ausreichende Kapazitäten zur Lagerung des Schlammes verfügen, da der Boden einige Male im Jahr gedüngt wird, die Schlammproduktion jedoch kontinuierlich erfolgt.

SŠ: Wenn Sie und die Schüler darüber diskutiert haben, welche Stoffe Schlamm enthält, können Sie versuchen, im Anschluss eine Frage dazu zu stellen. Was denken sie – wohin geht der Reinigungsschlamm und wo könnte er weiterverwendet werden? Stabilisierter Schlamm wird in der Landwirtschaft verwendet, da die düngenden Eigenschaften der darin enthaltenen anorganischen und organischen Nährstoffe genutzt werden. Gibt es Risiken bei der Verwendung von Schlamm auf dem Feld? (nur vereinfacht)

Kurios: Ein mögliches Risiko bei der Ausbringung von stabilisiertem Schlamm auf landwirtschaftlichen Flächen ist der Gehalt an Mikroschadstoffen im Schlamm. Zu den Mikroschadstoffen, die Schlamm enthält, gehören Mikroplastik, Pestizide, endokrine Disruptoren und Arzneimittelrückstände. Trotz ihrer geringen Konzentration können diese Stoffe potenziell negative Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit haben. Zu den gesetzlichen Parametern für die Verwendung von Schlamm auf landwirtschaftlichen Flächen gehören mikrobiologische Kriterien (Salmonellen, E. coli und Enterokokken) sowie Grenzwerte für den Gehalt an Schwermetallen, polychlorierten Biphenylen und polyzyklischen Aromastoffen.

Im Schlamm können auch Antibiotika-Resistenzgene gefunden werden, die dann auf andere Bakterien übertragen werden können.

Zu den Technologien, die zur Schlammbehandlung eingesetzt werden können, gehören auch die Pyrolyse oder die Vergasung, bei denen aus Schlamm Kraftstoff hergestellt wird. Z.B. Im benachbarten Deutschland ist die Verbrennung von Klärschlamm die gängigste Methode. Schlamm wird entweder separat in einer speziellen Verbrennungsanlage verbrannt oder mit anderem Material vermischt und gemeinsam verbrannt, z. B. in einer Müllverbrennungsanlage, einem Kraftwerk/Heizwerk oder einem Zementofen.

Im Schlamm ist eine große Menge Phosphor gespeichert, der thermisch (Rückgewinnung von Phosphor aus Asche nach der Verbrennung des Schlamms) oder chemisch (Fällung) aus dem Schlamm gewonnen werden kann.

? Frage: Wie wird das entstehende Biogas verwertet?

💡 Antwort: Biogas wird in einem Blockheizkraftwerk verbrannt, das daraus Wärme und Strom erzeugt. Die Wärme wird wieder zur Beheizung der Faulbehälter genutzt. Der erzeugte Strom wird in der Kläranlage genutzt, z.B. zum Betreiben von Pumpen oder Belüften des Belebungsbeckens.

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung von Biogas ist die Aufbereitung zu Biomethan. Biomethan hat erdgasähnliche Eigenschaften und kann in das Gasleitungsnetz eingespeist werden.

2.6 Die Geschichte von Menschen, die sich um das Kanalnetz kümmern und in der Kläranlage arbeiten



Interpretationstipp: Die meisten Menschen haben keine Ahnung, wie schwierig es ist, Abwasser zu entfernen und aufzubereiten und wie viele Personen in unterschiedlichen Positionen an diesem Prozess beteiligt sind. Aus diesem Grund empfehlen wir, die Exkursion mit der Erwähnung der Menschen zu bereichern, die an geeigneten Stellen in der Kanalisation oder an der Kläranlage arbeiten. Durch die Erweiterung des Wissens über diese Berufe ist es möglich, die Wahrnehmung der Bedeutung dieser Berufe zu steigern und auch das Interesse an deren Studium zu steigern. Hier kann erwähnt werden, wie sich der Bedarf an diesen Berufen entwickeln wird und auch, wie sich beispielsweise die Arbeitsinhalte einzelner Mitarbeiter ändern werden (z. B. Berechnung des CO₂-Fußabdrucks, digitaler Zwilling von Kläranlagen oder ESG-Reporting).

Die Abwasserentsorgung und -aufbereitung ist ein kontinuierlicher Prozess, der nicht einfach gestoppt werden kann. Damit alles funktioniert und der ganze Prozess nicht aufhört, kostet es viel Mühe und Arbeit vieler Menschen unterschiedlicher Berufe. Die einzelnen Berufe folgen aufeinander und der eine kann ohne den anderen nicht funktionieren. Wir können das Kanalnetz und die Kläranlage als eine gut geölte Maschine betrachten.

Das Abwassersystem muss regelmäßig überprüft und bei Störungen oder Verstopfung durch Schmutz repariert oder gereinigt werden. Die Vermessung des Kanalnetzes erfolgt durch einen auf Netzdiagnostik spezialisierten Wasserwirtschaftstechniker mit Hilfe eines Kamerasystems, das am Anfang des inspizierten Ortes platziert wird und die Kameras per Fernbedienung durch die Rohrleitung führt. Bei Feststellung einer beeinträchtigten Rohrdurchlässigkeit kommt die Reinigung mit einer Düse und das Abpumpen des Materials mit einem Hochdruckreinigungswagen zum Einsatz. Neuerdings gibt es sogar Drohnen, die automatisch durch den Abwasserkanal fliegen und die notwendigen Messungen durchführen. Reparaturen und Reinigungen werden von Betriebsmonteuren und Betreibern eines speziellen Kanalreinigungswagens durchgeführt.

Auf der Kläranlage sind mehrere Geräte im Einsatz, deren Betrieb direkt von wasserwirtschaftlichen Anlagenbauern geleitet wird. Diese Mitarbeiter sorgen für den Betrieb von Maschinen und technologischen Anlagen und sorgen für deren volle Funktionsfähigkeit sowie regelmäßige Inspektionen. Wartung und Reparaturen elektrischer Anlagen werden von Betriebselektrikern durchgeführt. Der Betrieb der Kläranlage erfolgt kontinuierlich, weshalb eine ständige Überwachung der Prozesse in der Kläranlage erforderlich ist, die durch Dispatcher (Controller) sichergestellt wird. Disponenten beobachten auf den Monitoren die Ergebnisse des Betriebs und steuern über das Leitsystem den Betrieb der Kläranlage. Die Disponenten arbeiten im Schichtbetrieb, so dass eine 24/7-Beaufsichtigung der Kläranlage gewährleistet ist.

Die Qualität des Abwassers und verschiedene Ergebnisse des Abwasserbehandlungsprozesses werden durch das Labor überwacht. Labormitarbeiter bearbeiten Proben und führen chemische, mikrobiologische und hydrobiologische Analysen durch. Proben werden von Probenehmern gesammelt und ins Labor transportiert.

Der Technologe ist für die ordnungsgemäße Funktion der Kläranlage und die Qualität des abfließenden gereinigten Abwassers verantwortlich. Basierend auf den Ergebnissen von Analysen aus dem Labor, Werten von Sonden, Analysatoren und Durchflussmessern in der Kläranlage bewertet es den Reinigungsprozess und passt die Einstellungen einzelner Geräte an, um einen reibungslosen Betrieb und eine gute Qualität des fließenden Wassers sicherzustellen.

Das Steuerungssystem wird von IT-Experten geprüft und weiterentwickelt. Ein interessanter Bereich ist auch die Erstellung sogenannter digitaler Zwillinge von Kläranlagen mithilfe spezieller Software, die beispielsweise beim Testen verschiedener Ausnahmesituationen oder bei der Optimierung von Betriebsabläufen Verwendung finden.

In letzter Zeit besteht ein zunehmendes Interesse an der Überwachung des CO₂-Fußabdrucks und anderer Parameter im Zusammenhang mit den Auswirkungen von Geräten auf die Umwelt und damit auch der Bedarf an diesen Experten im Bereich Wassermanagement.

Aus der oben genannten Berufsliste geht hervor, dass sowohl ein Arbeitnehmer mit Ausbildungsnachweis als auch mit Hochschulabschluss eine Anstellung auf einer Kläranlage finden kann.

Grundschule: Fassen Sie einfach die Berufe zusammen und versuchen Sie, sie nach den Tanks und Maschinen aufzulisten, in denen sie arbeiten, damit sie möglichst viel Vorstellung von dem jeweiligen Beruf haben.

Sekundarschule: Für ältere Schüler gibt es Möglichkeiten, eine Ausbildung zum Wassertechnologen zu absolvieren – Universitäten mit Schwerpunkt Wasser (VŠCHT, BUT, VŠB).

Inquisitoren: Hier ist es Ihnen überlassen, ob Sie verschiedene Gegenstände mitbringen, mit denen diese Berufe arbeiten: Probenboxen, Instrumente, Messzylinder für Schlammindex, Kamera usw.

2.7 Wasserpreise

Der Wasserpreis ist ein häufiges Thema in den Medien und in öffentlichen Diskussionen, doch nur wenige wissen wirklich, wie sich der Gesamtpreis für Wasser berechnet und wie viel Aufwand es tatsächlich kostet, Trinkwasser zu gewinnen und Abwasser aufzubereiten. Oft stellt man sich vor, dass Trinkwasser direkt aus der Quelle entnommen werden kann, was kostenlos ist, und dann kommt es zu Diskussionen darüber, dass Wasserwirtschaftsunternehmen mit dem, was in der Natur tatsächlich kostenlos ist, viel Geld verdienen. Das ist nicht so! Und deshalb ist es wichtig, Kindern klarzumachen, wie der Wasserpreis entsteht, woraus er besteht und wie finanziell anspruchsvoll die Prozesse der Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung sind.

Der Gesamtpreis für Wasser setzt sich aus zwei Posten zusammen, die als Wasser und Abwasser bezeichnet werden. Die Wassergebühr ist eine Gebühr für die Herstellung von Trinkwasser und dessen Lieferung zu uns nach Hause (zum Verbraucher). Abwasser ist eine Gebühr für die Entfernung von Abwasser aus seiner Quelle (z. B. aus einem Haushalt) und seine anschließende Behandlung.

Der Wasserpreis ist reguliert, d. h. er wird nach den vom Finanzministerium der Tschechischen Republik festgelegten Regeln festgelegt. Diese Regeln legen fest, aus welchen Posten der Endpreis bestehen darf und welche nicht und welchen Gewinn die Wasserversorger behalten können. Der Wasserpreis wird jedes Jahr aktualisiert. Das letzte Wort bei der Festlegung des Preises hat der Eigentümer der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur.

Wasserpreis = genehmigte Kosten + angemessener Gewinn + staatliche Abgaben

- förderfähige Kosten (Beispiele):
 - o Erwerb/Vermietung, Sanierung und Modernisierung wasserwirtschaftlicher Immobilien
 - o Verbrauch von Strom, Chemikalien, Wasserqualitätskontrolle (Laborarbeiten) usw.
 - o Wartungs- und Reparaturkosten
 - o Löhne der Mitarbeiter, die den Betrieb sicherstellen, Kundendienst (Vertragsabwicklung, Rechnungsstellung, Beschwerden)
- angemessener Gewinn
 - o reguliert durch das Finanzministerium der Tschechischen Republik
 - o max. 7 % des investierten Kapitals
- staatliche Abgaben
 - o MwSt
 - o Gebühren für die Abwasserentsorgung
 - o Gebühren für die Entnahme von Rohwasser, aus dem anschließend Trinkwasser hergestellt wird

ZŠ: Erklären Sie einfach die Konzepte Wasser und Abwasser. Und vergleichen Sie den Preis für einen Liter Leitungswasser mit anderen Preisen, z.B. Wasser in Flaschen, Coca Cola, Süßigkeiten usw. Um eine bessere Vorstellung davon zu bekommen, wie viel 1 m³ Wasser ist, ist es gut zu sagen, dass es 500 Zwei-Liter-Flaschen entspricht.

SŠ: Vergleichen Sie den Wasserpreis mit anderen Ausgaben – zum Beispiel mit dem Preis für Strom, Netflix, der monatlichen Telefonrechnung usw.

Neugierig: Um genauer zu beschreiben, woraus sich der Wasserpreis zusammensetzt – aus den einzelnen Posten, die darin enthalten sind.

? Frage: Wie hoch war der durchschnittliche Wasserpreis in der Tschechischen Republik im Jahr 2024?

💡 Antwort: Im Jahr 2024 betrug der durchschnittliche Wasserpreis (Abwasser + Wasser) 125 CZK pro m³. Der durchschnittliche Wasserpreis betrug 63 CZK pro m³ und der durchschnittliche Abwasserpreis 59 CZK pro m³.

Zur besseren Vorstellung stellen wir Ihnen auch eine Umrechnung zum Preis für einen Liter Wasser vor. Der durchschnittliche Gesamtpreis für Wasser betrug 0,125 CZK pro Liter, wovon der durchschnittliche Wasserpreis 0,063 CZK pro Liter und der durchschnittliche Abwasserpreis 0,059 CZK pro Liter betrug.

? Frage: Ist Leitungswasser teuer?

💡 Antwort: Die beste Antwort auf diese Frage ist, den Wasserverbrauch einer Person mit ihren anderen Ausgaben und den Wasser- und Abwasserpreisen in der jeweiligen Region zu vergleichen. Beispielsweise präsentieren wir einen Vergleich mit dem durchschnittlichen Wasserpreis in der Tschechischen Republik aus dem Jahr 2024.

Der durchschnittliche Leitungswasserverbrauch pro Person in der Tschechischen Republik beträgt etwa 90 Liter pro Tag.

Preisliste:

Zeitraum	Anzahl Abwasser (1 Person) Liter	Preis Trinkwasser für	Preis Wasseraufbereitung für	Gesamtpreis
1 Tag	90 l	5,67 CZK	5,31 CZK	10,98 CZK
1 Monat	2.700 l	170,1 CZK	159,3 CZK	329,4 CZK
1 Jahr	32.850 l	2.069,55 CZK	1.938,15 CZK	4.007,7 CZK

Zeitraum	Anzahl Liter Abwasser (4 Personen)	Preis Wasseraufbereitung für
1 Tag	360 l	21,24 CZK
1 Monat	10.800 l	637,2 CZK
1 Jahr	131.400 l	7.752,6 CZK

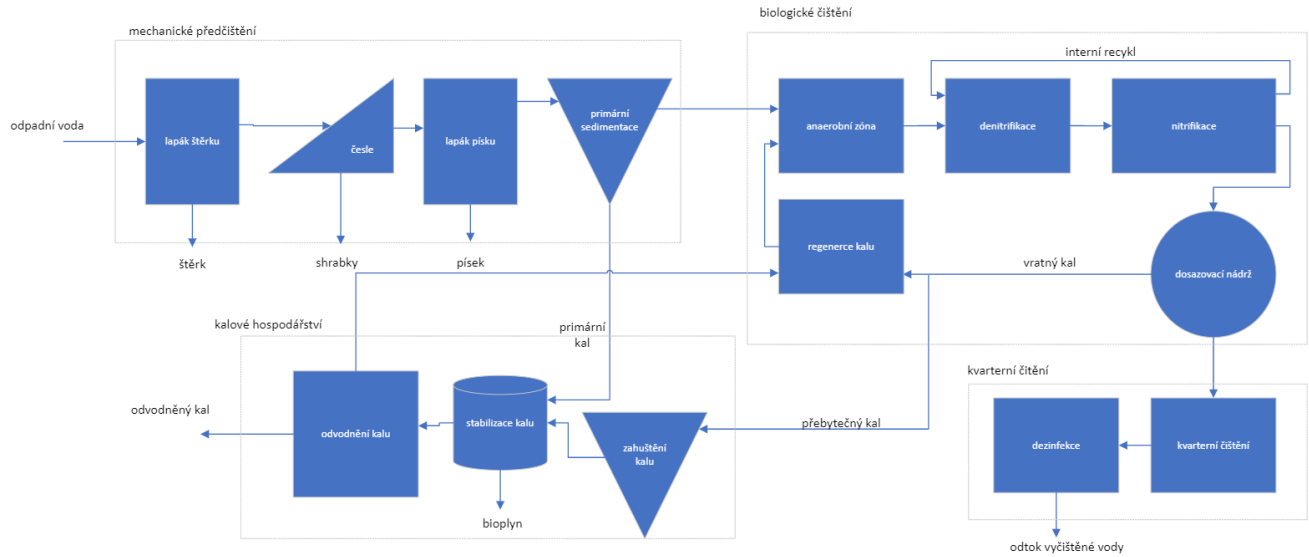
? Frage: Wird der Wasserpreis sinken, wenn wir alle anfangen, Wasser zu sparen?

💡 Antwort: Nein, der Rückgang des Wasserverbrauchs führt zu einem Anstieg des Literpreises, da ein großer Teil der Kosten in der Wasserwirtschaft fix ist. Es spielt beispielsweise keine Rolle, ob durch eine bestehende Rohrleitung weniger oder mehr Wasser fließt, deren Wartung, Reparatur und Service sind dennoch erforderlich.

3 Beschreibung der Kläranlagentechnologien




Interpretationstipp: In diesem Kapitel finden Sie grundlegende Informationen zu Technologien, Fakten und Wissenswertes. Nutzen Sie dieses Kapitel als Katalog, aus dem Sie Informationen über die Technologien Ihrer Reinigungsanlage auswählen können.



3.1 Mechanische Reinigung

Zunächst muss die Kläranlage ungelöstes Material entfernen, das Pumpen verstopfen, sich in Tanks festsetzen oder andere Geräte zerstören könnte (Abrieb).

Kiesfang		
	Bedeutung	Erfassung großer Objekte, die sich am Boden (Sediment) absetzen können.
	Prinzip	Ein Sumpf, in dem sich der Abwasserfluss verlangsamt und so das Material sedimentiert. Das aufgefangene Material muss dann vom Boden ausgebaggert und in einen Behälter geladen werden, der von der Kläranlage weggebracht wird, normalerweise auf eine Deponie.
	Erfasstes Material	Kies, Steine.

Meißel		
	Bedeutung	Entfernung von größerem Treibgut.
	Prinzip	Ein siebartiges Gerät, durch das Wasser gefiltert wird. Das Material, das sich in diesem Netz verfängt, nennt man Rechen. Das aufgefangene Material wird dann aus den Waben entfernt (manuell oder automatisch) und in einen Container geladen, in dem es normalerweise auf eine Mülldeponie gebracht wird.
	Erfasstes Material	= Rechen Äste, Lappen, Verpackungen, Essensreste, Obst und Gemüse, Kondome, Binden, Tampons, Feuchttücher... Brieftasche, Dokumente tote Ratten, Geld, Schmuck, Kleidung, Schlüssel, Kissen, Bananenschalen

ZŠ: Hier ist es angebracht, darauf aufmerksam zu machen, was nicht in die Kanalisation gehört, und zu erklären, warum. Normalerweise wird etwas davon auftauchen und das Problem kann direkt aufgezeigt werden.

Neugierig: Abfälle sind normalerweise das hygienischste Material, das man in einer Reinigung finden kann. Gleichzeitig handelt es sich um einen Stoff, der auf keinen Fall in die Kanalisation gelangen sollte.



Interpretationstipp: Es besteht die Möglichkeit, eine kleine „Ausstellung“ mit interessanten Exponaten zu Kämmen vorzubereiten oder vielleicht Fotos von interessanten Dingen zu zeigen, die auf Kämmen festgehalten wurden.

Sandfang



Bedeutung	Trennung von Sand (anorganischem Material) von organischen Schwebstoffen, was im nächsten Teil der Kläranlagentechnik wichtig ist.
Prinzip	Die Trennung von Sand und organischen Schwebstoffen erfolgt aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichte. Sandfänge unterscheiden sich darin, ob die Schwerkraft oder die Zentrifugalkraft zur Trennung genutzt wird.
Erfasstes Material	= Sand schwere anorganische Stoffe – Sand, Glassplitter, feine Schlacke

? Frage: Warum wird der Sandfang belüftet, wenn sich der Sand hier absetzen soll?

💡 Antwort: Dies liegt an der Abtrennung organischer Verunreinigungen aus dem Sand. Wir müssen nur den Sand im Sandfang entfernen. Organische Stoffe würden zur Verrottung der Falle und des ausgehobenen Sandes führen, zudem benötigen wir sie im weiteren Verlauf als Nahrung für Bakterien.

Absetzbecken

Bedeutung	Sedimentation ungelöster Stoffe organischen Ursprungs und Abstreifen schwimmender Verunreinigungen von der Oberfläche.
Prinzip	Das Absetzbecken funktioniert nach dem Prinzip der Schwerkraft, wobei schwerere Partikel zu Boden sinken und anschließend zur weiteren Verarbeitung vom Boden abgesaugt werden.



Erfasstes Material

= Primärkal

Das am Boden von Absetzbecken abgesetzte Material wird als Primärschlamm bezeichnet. Dieser Schlamm ist reich an organischen Stoffen und wird in der Schlammbewirtschaftung eingesetzt.

Neugierig: Sedimentationstanks können etwa 30 % der einströmenden Schadstoffe entfernen, gleichzeitig trägt der hier aufgefangene Schlamm etwa die Hälfte zur Gesamtproduktion von Biogas und Strom bei.

3.2 Biologische Reinigung

Aktivierungstank



Bedeutung

Biologische Entfernung von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor – zusammenfassend Nährstoffe genannt.

Prinzip

Hier finden unzählige biologische Prozesse statt. Die im Abwasser enthaltenen Schadstoffe werden von Bakterien unter bestimmten Bedingungen verstoffwechselt, die so eingestellt sind, dass ausgewählte Bakterienstämme in den Tanks überleben (und sich durchsetzen). Die Gruppe von Bakterien und Mikroorganismen, die Schadstoffe im Abwasser verstoffwechseln, wird Belebtschlamm genannt. Wenn die Mikroorganismen die Verschmutzung verbrauchen, wachsen und vermehren sie sich. Daraus folgt, dass die Menge an Belebtschlamm mit der Zeit zunimmt und der überschüssige Schlamm regelmäßig aus dem Belebungsbecken entfernt werden muss.

Erfasstes Material

Hier wird kein Material direkt eingefangen, sondern es kommt zum Wachstum und zur Vermehrung von Belebtschlambakterien, an denen verschiedene Arten von Stoffen sorbiert (eingefangen) werden können. Bakterien wandeln organische Stoffe, Stickstoff und Phosphor weiter

		in Formen um, die aus dem Wasser entfernt werden.
--	--	---

? **Frage: Darf man in Belebungsbecken schwimmen?**

💡 Antwort: In Becken darf man nicht schwimmen, die Mischung ist so stark belüftet, dass sie eine zu geringe Dichte zum Schwimmen hat. Wenn jemand das versuchen würde, würde er ertrinken. Deshalb müssen Tanks gegen Absturz von Arbeitern gesichert werden oder mit Seilen etc. gesichert werden.

? **Frage: Sind die Bedingungen in den Becken unterschiedlich?**

💡 Antwort: Die Bedingungen in den einzelnen Stauseen unterscheiden sich erheblich.

Nitrifikation – hohe Sauerstoffkonzentration (aerobe Zone)

Denitrifikation – ohne Sauerstoff, aber mit Nitraten (anoxische Zone)

Phosphorentfernung – ohne Zugang zu Sauerstoff und ohne Nitrate (anaerobe Zone)

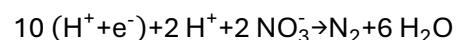
Einige Kläranlagen verfügen nicht über separate Tanks für unterschiedliche Bedingungen, sondern die Bedingungen ändern sich im Laufe der Zeit in einem Tank

ZŠ: Für diese Schüler muss sichergestellt werden, dass der Prozess so klar wie möglich ist. Es wäre nützlich, Bilder der im Belebtschlamm enthaltenen Mikroorganismen bereitzuhalten, eine Nennung der Namen ist jedoch nicht erforderlich. Sie können ihnen auch zeigen, wie das Belüftungselement aussieht (physisch gesehen, ein Bild, ein Foto des entleerten Tanks).

Wir können zeigen, dass Schlamm aus einzelnen Flocken besteht, die mit bloßem Auge erkennbar sind. Darüber hinaus ist zu sagen, dass diese Flocken von Mikroorganismen gebildet werden, die sich von der Umweltverschmutzung ernähren.

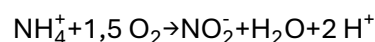
SŠ: Hier ist es möglich, ausführlicher über die einzelnen biologischen Prozesse des Nährstoffabbaus zu sprechen, Nitrifikations- und Denitrifikationsreaktionen vorbereitet zu haben und die Organismen, die für diese Prozesse verantwortlich sind, direkt zu erwähnen. Erwähnen Sie, dass sich im Belebtschlamm neben Bakterien auch Protozoen (Filiforme, Weichtiere, Kryptiden), Metazoen (Rädertiere, Nematoden, Würmer) und in geringerem Maße Schimmelpilze, Pilze und Hefen befinden.

Denitrifikation:

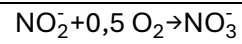


Nitrifikation (besteht aus zwei Reaktionen):

Nitrierung – Oxidation von Ammoniakstickstoff zu Nitritstickstoff




Nitrierung – Oxidation von Nitritstickstoff zu Nitratstickstoff



Neugierig: In manchen Kläranlagen wird der Belebtschlamm regelmäßig unter dem Mikroskop untersucht, um zu prüfen, welche Bakterien und Mikroorganismen in welcher Häufigkeit im Schlamm enthalten sind. Die Funktionsweise einzelner Prozesse kann anhand bestimmter Arten und der Gesamtzusammensetzung von Organismen beurteilt werden.

Absetzbecken

	Bedeutung	Der Tank dient der Trennung des Belebtschlamm vom gereinigten Abwasser.
	Prinzip	Der Wasserfluss im Tank wird langsamer. Unter diesen Bedingungen kann sich Belebtschlamm am Boden des Tanks absetzen. Vom Boden des Beckens wird der größte Teil des Belebtschlamm in das Belebungsbecken zurückgeführt, wo der Schlamm das Wasser erneut reinigt. Da Belebtschlamm ein lebender Organismus ist, der sich vermehrt, ist es notwendig, nur die erforderliche Menge im System zu halten und den Überschuss aus dem System abzupumpen. Überschüssiger Schlamm, der im Belebungsbecken nicht verwendet wird, wird zur Schlamm entsorgung gepumpt. Bei Kläranlagen ohne Schlammführung in einen Lagertank. Von dort gelangt es dann zu größeren Kläranlagen mit Schlammmanagement. Über dem abgesetzten Schlamm befindet sich gereinigtes Abwasser, das aus dem Tank in den Abfluss überläuft und dann zum Auffangbehälter (Fluss, Bach,...) weiterläuft.
	Erfasstes Material	Überschussschlamm – überschüssiger Belebtschlamm, der aus dem System entfernt wird. Rücklaufschlamm – Belebtschlamm, der in das Belebungsbecken zurückfließt und das Abwasser erneut reinigt.

Neugierig: Bei Absetz- oder Belebungsbecken besteht die Möglichkeit, den Teilnehmern zu erklären, wie die Qualität des Schlamm aus Sicht der Absetzbarkeit, also des Schlammindex, bestimmt wird. Der Schlammindex wird mithilfe eines Sedimentationstests gemessen, bei dem eine Probe aus dem Tank entnommen und in einen Messzylinder gegossen wird. Nach 30 Minuten wird dann die Höhe der Grenzfläche zwischen Wasser und Schlamm gemessen. Der Schluffindex wird dann als Sedimenthöhe dividiert durch die Sedimentationszeit berechnet. Anhand des berechneten Schlammindex lässt sich abschätzen, wie leicht oder schwer sich der Schlamm absetzt.



Interpretationstipp: Wir können den Sedimentationstest vor Ort durchführen. Entnehmen Sie zu Beginn der Interpretation an den Belebungsbecken eine Schlammprobe und am Ende der Interpretation waren bereits die Wasser-Schlamm-Grenzfläche und das Ausgleichswasser zu erkennen. Wenn wir diese Demonstration durchführen wollen, empfiehlt es sich, das zufließende Abwasser auf diese Weise zu sammeln und den Unterschied im Erscheinungsbild von Abwasser und gereinigtem Wasser aufzuzeigen.

3.3 Tertiäre Reinigung

Wasserdeseinfektion



Bedeutung

Gereinigtes Abwasser enthält noch verschiedene Bakterien, Viren und Parasiten, die sich negativ auf aquatische Ökosysteme auswirken können. Durch die Desinfektion wird die Anzahl der Mikroorganismen reduziert und der Umweltschutz gewährleistet.

Prinzip

Es ist möglich, mehrere Methoden zu verwenden, z.B. UV-Strahlung oder Ozonierung. UV-Strahlung einer bestimmten Wellenlänge durchdringt eine schmale Wasserschicht. Diese Strahlung tötet anschließend Mikroorganismen ab (tötet nur, nicht entfernt).

Eine weitere Methode ist die Anwendung eines Desinfektionsmittels, beispielsweise Wasserstoffperoxid.

Filtration durch eine Aktivkohleschicht




Bedeutung

Da strengere Grenzwerte für andere Stoffe als Nährstoffe gelten, ist es möglich, die Filterung durch eine Aktivkohleschicht durchzuführen. Aktivkohle ist in der Lage, Mikroschadstoffe (Stoffe, die in sehr geringen Konzentrationen im Wasser enthalten sind) zu entfernen.


Prinzip

Adsorption von organischen Stoffen, Medikamenten, Schwermetallen und anderen Verunreinigungen aus dem Abwasser an Aktivkohle


Membrantechnologie

	Bedeutung	Wir greifen auf den Einsatz von Membrantechnologien dann zurück, wenn wir am Auslauf Wasser von höchster Qualität haben wollen. Beim Einsatz der Membrantechnologie wird je nach Größe der Poren der Membran die Anzahl der Bakterien sowie die Konzentration von Elementen und Verbindungen reduziert.
	Prinzip	Gereinigtes Abwasser wird durch die Membran gepumpt, die aus Löchern einer bestimmten Größe besteht (wir unterscheiden: Mikrofiltration, Nanofiltration und Ultrafiltration). Wasser und Substanzen, die kleiner als die vorgegebenen Löcher sind, fließen durch die Membran, während Substanzen, die größer als diese Poren sind, beginnen, sich auf der Membran anzusammeln.


Chemische Ausfällung von Phosphor im Abfluss

	Bedeutung	Wenn die Phosphorkonzentration im Abwasser aus Absetzbecken immer noch hoch ist und die Grenzwerte nicht einhält, besteht die Möglichkeit, die Phosphorkonzentration durch chemische Fällung zu reduzieren.
	Prinzip	Restlicher im gereinigten Wasser enthaltener Phosphor wird mit einem Fällungsmittel ausgefällt. In Kläranlagen werden verschiedene Stoffe eingesetzt, am häufigsten Sulfat oder Eisenchlorid. Das Eisensalz reagiert mit Phosphaten unter Bildung einer unlöslichen Eisenphosphatverbindung.

3.4 Schlammmanagement

Schlammeindickung		
	Bedeutung	Reduzierung des Wassergehalts im Schlamm vor der Weiterverarbeitung.
	Prinzip	Die Schlammeindickung erfolgt durch Schwerkraft in Eindickbehältern oder mechanisch in einer Eindickzentrifuge oder einem Eindicksieb.

Schlammstabilisierung

	Bedeutung	Herstellung von stabilem und sicherem Material, das beispielsweise in der Landwirtschaft weiterverwendet werden kann.
	Prinzip	<p>Die Schlammstabilisierung führt zu einer Verringerung der Menge organischer Substanzen im Schlamm und zu einer Verringerung der Anzahl pathogener und anderer lebender Organismen. Stabilisierter Schlamm zersetzt sich nicht weiter und verursacht keine Geruchsprobleme.</p> <p><u>Arten der Schlammstabilisierung:</u></p> <p>anaerob Aerobic chemisch</p> <p>Bei der anaeroben Stabilisierung (Fäulnis) von Schlamm werden organische Stoffe in Biogas umgewandelt, das energetisch weiterverarbeitet wird. Es wird in mittleren und großen Kläranlagen eingesetzt.</p> <p>Die aerobe Stabilisierung basiert auf der Schlammbelüftung. Die darin enthaltenen organischen Stoffe werden oxidiert.</p> <p>Bei der chemischen Stabilisierung wird dem Schlamm Branntkalk (CaO) zugesetzt. Der Branntkalk reagiert mit dem im Schlamm vorhandenen Wasser unter Bildung von Wärme und Hydroxid, was den pH-Wert erhöht und dadurch die Aktivität von Mikroorganismen hemmt.</p>

Schlammwässerung



Bedeutung

Reduzierung des Wassergehalts im stabilisierten Schlamm, sodass dieser weiterverwendet werden kann und die Kosten für seinen Transport sinken (je weniger Wassermenge bedeutet ein geringeres Schlammvolumen, was eine geringere Anzahl gefüllter Behälter bedeutet).

Prinzip

Die Schlammwässerung erfolgt mechanisch oder auf Schlammfeldern.
Zu den maschinellen Methoden gehören:
 Zentrifugen
 Siebbandpressen
 Kalopressen
 Vakuumpressen
 Schneckenpresse
Die Zentrifuge arbeitet nach dem Prinzip der Zentrifugalkraft. Dabei handelt es sich um ein beschleunigtes Absetzen von Partikeln (Sedimentation). Beim Zentrifugieren dreht sich der Zentrifugenrotor schnell und der Schlamm wird in Feststoffpartikel und Wasser getrennt. Kalolisy sind dann ein solches Sieb, das Schlamm auffängt und Wasser durchlässt.