



Methodik zur Durchführung von Exkursionen zu wasserwirtschaftlichen Anlagen

TRINKWASSER



Inhalt

Titelblatt4.....	4
1Allgemeine Einführung5.....	5
1.1 Wie bereitet man sich auf den Ausflug vor? 8.....	9
1.2 Vorbereitung vor der Exkursion14.....	16
1.2.1 Seien Sie ein Geschichtenerzähler14.....	16
1.2.2 Die Geschichte des Wassers 15.....	17
1.2.3 Die Geschichte von Materie und Energie18.....	21
1.2.4 Die Geschichte des Geldes22.....	26
1.2.5 Die Geschichte von Menschen23.....	28
2Eigener Ausflug25.....	30
2.1 Schlüsselfragen26.....	31
2.2 Wasserqualität26.....	32
2.3 Rohwasserquelle28.....	34
2.4 Beschreibung der Technologie29.....	35
2.5 Wasserversorgungsnetz32.....	38
2.5.1 Wasserzähler33.....	40
3Beschreibung der Technologien35.....	41
3.1 Chesle36.....	42
3.2 Belüftung37.....	43

3.3 Sedimentation38.....	45
3.4 Flotation39.....	46
3.5 Klärung / Koagulation / Flockung40.....	48
3.6 Filtration42.....	50
3.7 Ionenaustauscher43.....	51
3.8 Sorption44.....	53
3.9 Hygienische Wasserversorgung46.....	56
3.9.1 Chlorierung46.....	56
3.9.2 UV-Strahlung47.....	58
3.10 Stabilisierung (Kalzium-Karbonat-Gleichgewicht)51.....	62
3.11 Membrantechnologien52.....	63
3.12 Schlammmanagement53.....	65
4 Nach der Exkursion54.....	66
5 Links und zusätzliche Informationen55.....	68
6Anhang: Formular zur Einholung von Informationen über die Wasseraufbereitungsanlage56.....	69

Deckblatt

Dieses Dokument wurde von einem Autorenkollektiv erstellt: Helena Bakešová, Jakub Sochor, Jitka Czakoiová, Martin Srb, 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 zlepšování kvality odborných exkurzí a odborných přednášek či demonstrací v oblasti vody. Primárně se zaměřuje na poskytnutí podpory a materiálů pro učitele, odborníky a pracovníky vodo hospodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Projektträger ist der Wasserverband



1 Allgemeine Einführung

Wasseraufbereitungsanlagen (und zugehörige Wasserquellen, Stauseen, Pumpstationen, Druckstationen usw.) sind die Grundbaueinheit des Wassermanagement- und Wasserversorgungssystems. Auch wenn sich heutzutage nur noch wenige Menschen darüber im Klaren sind, nutzt jeder von uns diese Systeme indirekt, sogar jeden Tag. Ein Mensch kann nicht länger als drei Tage ohne Trinkwasser auskommen und bemerkt den Wasserverlust praktisch sofort. Dennoch müssen wir aus eigener Schülererfahrung leider feststellen, dass im Unterricht eher weniger wesentliche Themen (z. B. Bier brauen oder analoge Fotos entwickeln) behandelt werden, was im Hinblick auf die Wasserwirtschaft zu einem völligen Mangel an Grundkenntnissen führt. Ein Beispiel ist die klassische und durchaus übliche Verwechslung der Funktion einer Kläranlage mit einer Wasseraufbereitungsanlage. Das Wort „Kläranlage“ wollen wir im Zusammenhang mit einer Kläranlage gar nicht hören. Denn Studenten und ältere Bewohner wissen nicht, woher das Wasser kommt, das aus dem eigenen Wasserhahn fließt. Bei einem geringen Informationsstand kann es uns nicht wundern, dass normale Menschen normalerweise keine Ahnung haben, was dieses komplexe Gebiet mit sich bringt, und Trinkwasser dann für selbstverständlich halten. Und genau das möchten wir mit dieser Methodik und vor allem mit Hilfe von Ihnen, Lesern und aktuellen oder zukünftigen Ratgebern zu Wasseraufbereitungsanlagen und zugehöriger Infrastruktur ändern.

Da es in Schulen relativ viele regelmäßige interaktive Unterrichtsstunden gibt und das Angebot die Nachfrage deutlich übersteigt, haben wir uns entschieden, den größten Vorteil zu nutzen, den uns die Natur unseres Fachgebiets ermöglicht – Exkursionen mit Schwerpunkt auf lokalen Informationen, damit sich jeder Schüler und Student vorstellen kann, welchen Weg das Wasser nehmen muss, bevor es bei ihm zu Hause aus dem Wasserhahn fließt.

Ein Verdienst der wenigen Betreiber von Wasserversorgungsanlagen, die solche Bildungsausflüge bereits durchführen. Dabei handelt es sich jedoch meist um Großstädte; Aus unserer Sicht ist es jedoch wichtig, kleinere Städte und Dörfer nicht zu vergessen, in denen Schulen nicht die Möglichkeit haben, für einen Ausflug eine Stunde mit der Bahn zu einem größeren Verkehrsaufkommen zu fahren. Wir möchten daher dazu beitragen, dass diese Exkursionen auch anderswo stattfinden und so das Bewusstsein für die Funktionsweise der Wasserwirtschaft in der Tschechischen Republik mit ihren regionalen Besonderheiten schärfen.

Wir haben daher versucht, die Methodik, die Sie in Händen halten, so zu gestalten, dass sie von kleinen Verarbeitungsbetrieben mit einfacher Technologie bis hin zu großen Verarbeitungsbetrieben in regionalen Städten mit modernsten technologischen Verfahren eingesetzt werden kann. Da diese Operationen (aus verständlichen Gründen) diametral entgegengesetzt sind, war unsere Arbeit ziemlich kompliziert. Das Ergebnis ist, dass dieses Dokument aus vielen Einzelmodulen besteht, die praktisch unabhängig voneinander sind – für die Durchführung der Exkursion am jeweiligen Verarbeitungsbetrieb wählen Sie daher nur die Module aus, die für Sie relevant sind. Nähere Informationen zum Falten erhalten Sie direkt bei den jeweiligen Technologiemodulen.

Ebenso ist die Methodik für Grund- und weiterführende Schulen oder sogar für die neugierigsten Teilnehmer der Exkursion (für zukünftige Studierende technischer Universitäten) konzipiert. Sie können das für ein bestimmtes Bildungsniveau erforderliche Maß an Informationen (Menge und Fachwissen) erhalten, indem Sie nur die Teile der Module verwenden, die für das jeweilige Niveau relevant sind. Allerdings empfehlen wir Ihnen dringend, sich auch bei einem Ausflug „nur“ für die Grundschule schnell auch in die höheren Stufen einzuarbeiten – manchmal glaubt man gar nicht, welche Fragen die Kinder formulieren können und überrascht den Reiseleiter völlig. Wir wollen Sie damit natürlich nicht verschrecken.

Gleichzeitig fügen wir dieser Methodik auch eine Broschüre zum Wasserversorgungsminimum bei, in der die Prinzipien der einzelnen Technologien detaillierter beschrieben werden. Wenn Sie sich also nicht sicher sind, ob es sich bei diesem Becken um ein Koagulations-, Flockungs- oder Flotationsbecken handelt, können Sie diese Begleitliteratur nutzen, um Ihre Schulinformationen aufzufrischen und sicherzustellen, dass Sie Schülern und Studenten die richtigen Informationen geben.

An einigen Stellen nutzt der Text die Aufteilung der Informationen nach einzelnen Bildungsstufen, sodass die Interpretation an den Inhalt der vermittelten Informationen angepasst wird. Die in keiner Weise gefärbten Teile können beliebig verwendet werden und sind nicht nur für eine Zielgruppe gedacht.

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...)

Für Wissbegierige – nutzbar zum Beispiel für Exkursionen zu Wahlfachseminaren in Chemie oder Umwelt im Abiturjahr oder für technische Jugendclubs und andere interessante und informelle Bildungseinrichtungen. Oder einfach für Neugierige jeden Alters.

Bitte betrachten Sie diese Methodik jedoch nicht als ein Dogma, dem man blind folgen muss. Was ist mit Ihnen, was ist mit dem Schnittraum, was ist mit der Gruppe, es ist Individualität und Sie müssen weiter darüber nachdenken. Sie müssen selbst testen, was für Sie funktioniert und wie Sie mit verschiedenen Personengruppen zusammenarbeiten. Wir wissen, dass Sie keine leichte Aufgabe vor sich haben, aber wir bewundern Sie dafür, dass Sie weitermachen und versuchen, den bestmöglichen Ausflug zu machen. Es macht Sinn!

Vergessen wir nicht, dass die Exkursion eine einzigartige Gelegenheit ist, mit der Öffentlichkeit zu sprechen. Sensibilisieren Sie für das Fachgebiet, erregen Sie Aufmerksamkeit und verändern Sie vielleicht sogar etwas. Versuchen Sie, die Kinder so weit wie möglich einzubeziehen, zeigen Sie, was möglich ist, und werden Sie vielleicht zum Mythenzerstörer. Sie können den Kindern allgemeine Ratschläge geben, wie zum Beispiel: Warum es besser ist, nach dem Urlaub auf eine bestimmte Menge Wasser aus der Hauswasserversorgung zu verzichten, warum man den Boiler zu Hause regelmäßig auf eine höhere Temperatur aufheizen sollte, warum man Leitungswasser statt Mineralwasser trinken sollte, warum und wie viel teurer es ist, Flaschenwasser zu trinken, warum man den Pool im Garten nicht mit Wasser aus der Leitung füllen sollte (die Antworten finden Sie am Ende der Einführung). Wer weiß, vielleicht tragen Sie durch die Kinder dazu bei, die Gewohnheiten der ganzen Familie zu ändern. Vergessen wir nicht, dass wir mit einer zukünftigen Generation sprechen, die wahrscheinlich eines Tages die nächste Generation großziehen wird. Geben wir gute Gewohnheiten weiter, solange wir können.

Scheuen Sie sich gleichzeitig nicht, die Probleme hervorzuheben, mit denen Betreiber konfrontiert sind. Zu nennen sind beispielsweise die mikrobielle Belebung des Wassers im Sommer oder die Gefahr des Einfrierens von Stauseen in den Wintermonaten. Im Rahmen der Exkursion sollte auch auf die Verbindung der

Wasserwirtschaft mit der gesamten Gesellschaft geachtet werden, die notwendigen Berufe, die finanziellen Ressourcen, die Größe und Komplexität der notwendigen Gebäude etc. hervorgehoben werden.

Abschließend (und in Verbindung mit dem vorherigen Absatz) möchten wir einen weiteren Aspekt dieser Methodik beleuchten – wir haben versucht, den Text so weit wie möglich im Stil von Fragen und Antworten zu verfassen. Nicht nur, weil diese Fragen während der Exkursion abseits der Teilnehmer auftauchen können, sondern Sie können sie auch „gegen“ die Teilnehmer verwenden, um sie zu aktivieren.

? **Frage: Warum sollte man nach einem Urlaub auf eine bestimmte Wassermenge aus der Hauswasserversorgung verzichten?**

💡 **Antwort:**

Während unserer Abwesenheit steht das Wasser bewegungslos in der Schlinge und nach ein paar Tagen verliert der Hygieneschutz seine Wirkung. Diese Faktoren bieten eine geeignete Umgebung für das mikrobielle Wachstum im Wasser, das ein Gesundheitsrisiko für uns darstellen kann. Lassen Sie deshalb das Wasser aus der Leitung durch neues (frisch aufbereitetes) Wasser „ersetzen“.

? **Frage: Warum den Heizkessel zu Hause regelmäßig auf eine höhere Temperatur aufheizen?**

💡 **Antwort:**

Legionellen gedeihen am besten in lauwarmem Wasser. Nur durch das Erreichen einer höheren Temperatur, oft mindestens über 60 °C angegeben (über 55 °C vermehren sich Bakterien nicht mehr und ab 70 °C sterben sie schnell ab), können wir deren Überwucherung im Kessel verhindern und so das gesundheitliche Infektionsrisiko verringern. Sowohl die Temperatur selbst als auch die Zeit, in der sie auf diesem Wert bleibt, sind wichtig.

? **Frage: Warum sollte ich Leitungswasser statt Flaschenwasser trinken? Wie viel teurer wird es sein?**

💡 **Antwort:**

Dafür gibt es mehrere Gründe: niedrigerer Preis, häufigere Qualitätskontrollen während der Produktion, geringere Belastung der Umwelt. Der Preis für Leitungswasser (manchmal auch Leitungswasser genannt) hängt natürlich von der Region ab (den genauen Preis können Sie für Ihre Region ermitteln), ist aber in der Regel mehr als 100-mal günstiger als Flaschenwasser. Und noch schlimmer: Oft handelt es sich um genau das gleiche Wasser, nur dass die abgefüllte Variante schon seit ein paar Monaten im Lager liegt.

? **Frage: Warum ist es besser, Leitungswasser zu trinken als Mineralwasser?**

💡 **Antwort:**

Man könnte fälschlicherweise denken, dass es gut ist, jeden Tag Mineralwasser zu trinken, aber das ist nicht der Fall. Jedes Mineralwasser hat eine spezifische chemische Zusammensetzung und entspricht in der Regel nicht der Trinkwassergesetzgebung (und muss dies auch nicht tun). Aufgrund des hohen Ionengehalts und des Ungleichgewichts wird von übermäßigem und langfristigem Trinken abgeraten.

? Frage: Warum den Pool im Sommer nicht mit Leitungswasser füllen?

💡 Antwort:

Die Wasserleitung ist nicht für die Befüllung von Schwimmbecken geeignet, insbesondere wenn mehrere Bewohner gleichzeitig auf die Idee kommen. Durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten in der Rohrleitung kann es zu einer Trübung des Wassers kommen (Sedimente aus der Rohrleitung werden ins Wasser abgegeben). Zudem wurde die Wassermenge nicht berechnet, so dass später Wasser aus dem Stausee fehlen kann (Wasseransammlung). Ebenso wichtig ist der dadurch entstehende Abfall des Überdrucks im Netz, der sowohl den Wassertransport zu den Verbrauchern als auch den Schutz vor dem Eindringen von Bodenwasser in die Wasserleitung, also einer Kontamination, gewährleistet. Diese Probleme lassen sich leicht vermeiden, indem Sie beim Wasserversorger einen Tank bestellen.

Für Neugierige – Sanitärserie. Viele Menschen verwenden den Begriff Sanitärvorschriften. Das ist nicht korrekt. Der korrekte Begriff ist Wasserlinie. Der Name stammt aus der Wortreihe

1.1 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 hinsichtlich der Interpretation, da die Aufmerksamkeit mit zunehmender Teilnehmerzahl abnimmt, sondern auch hinsichtlich der technischen Gestaltung – passt die gesamte Exkursion beispielsweise in die Umschlagskammer des Stausees oder in die Leitwarte? Scheuen Sie sich in beiden Fällen nicht, die Gruppe in zwei Teile aufzuteilen, wenn genügend Personal vorhanden ist.

- **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 wassertechnische Verfahren 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 erproben; oder das Berufsbild der Mitarbeiter vorstellen (Karriere im Wassersektor)? Oftmals kann das Ziel einfach darin bestehen, das Bewusstsein dafür zu schärfen, dass Trinkwasser keine Selbstverständlichkeit ist und viel Arbeit hinter seiner Herstellung steckt und seine Qualität gleichzeitig auch von unserem Verhalten gegenüber der Umwelt beeinflusst wird.

- **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 Schule und Kläranlagengebäude – dieser Aspekt der Führung muss immer vorab mit dem Lehrpersonal abgestimmt werden.

Es empfiehlt sich, im Vorfeld allgemeine Informationen über die Wasseraufbereitungsanlage vorzubereiten; Das Formular, das Sie hierfür verwenden können, finden Sie im Anhang dieses Dokuments.

- **Lokale Geschichte**

Siehe Kapitel „Ihr eigener Ausflug“

- **Wie viel Wasser produzieren Sie pro Sekunde, pro Tag und pro Jahr?**

Für eine bessere Vorstellung empfiehlt es sich, auf einige besser 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

- **Wo versorgen Sie welche Städte, Gemeinden, Ortsgebiete mit Wasser?**

Ob nur in die unmittelbare Umgebung, oder in weiter entfernte Gemeinden, oder ob die Kläranlage an eine Verbundwasserversorgung angeschlossen ist. Machen Sie gerne eine Karte oder ein Luftbild der Gegend, um Ihnen weiterzuhelfen.

- **Wie viele Menschen versorgen Sie mit Wasser?**

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

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

Auch hier besteht die Möglichkeit hineinzuzoomen, z.B. die Entfernung vom Ort der Exkursion bzw. vom Zentrum der Stadt/Dorfe der Teilnehmer zur Stadt XY; Wie viele Stauseen, Tankstellen und andere interessante Objekte gibt es darauf? Sie können beispielsweise eine Kartenausgabe von GIS verwenden, auf der Kinder (in einer gedruckten Version) herausfinden können, wo das Wasser ihr Zuhause erreicht. Es ist immer besser, Bildmaterial zum Gespräch zu haben, damit sich die Kinder besser orientieren können. Gleichzeitig werden Kinder wahrscheinlich überrascht sein, wie lang und komplex das Wasserversorgungsnetz ist.

- **Wie viel Strom verbrauchen Sie zur Wasserproduktion?**

Sie können es mit dem Verbrauch zu Hause vergleichen – der durchschnittliche Stromverbrauch in der Tschechischen Republik betrug im Jahr 2023 für 1 Haushalt 3.500 kWh/Jahr, was einem Fernseher entspricht, der ein Jahr lang ununterbrochen eingeschaltet war (und das ist nicht wenig – Sie können die Kinder daran erinnern, wie ihre Eltern sie dazu auffordern, den Fernseher auszuschalten, wenn sie ihn nicht ansehen).

- **Der Wasserpreis im Verhältnis zu Flaschenwasser**

Zur besseren Veranschaulichung beziehen Sie sich auf 1,5 Liter, wenn der Preis einer Packung mindestens 8 CZK beträgt; Dies entspricht in etwa dem Preis von 1 m³, der der Umwelt zur Aufbereitung in Trinkwasser entnommen wird (Kinder wissen meist nicht, dass sie für dieses Wasser auch bezahlen). Alternativ können Sie auch mit anderen Getränken wie Cola-Limonade vergleichen. Den Preis müssen Sie den Kindern nicht gleich

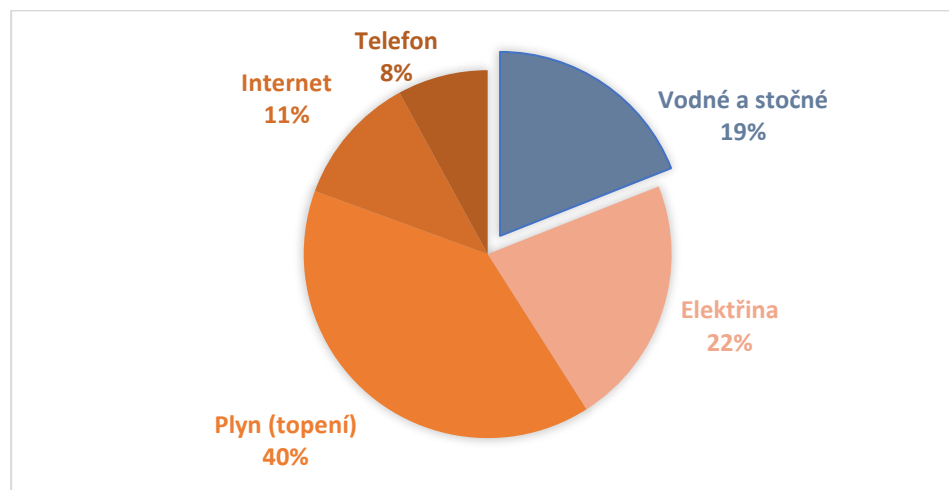
verraten – fragen Sie sie, was sie oft trinken und wie viel sie für eine Flasche bezahlen. Wenn sich niemand traut, fangen Sie selbst damit an. Vergleichen Sie es dann mit dem produzierten Wasser in der Kläranlage.

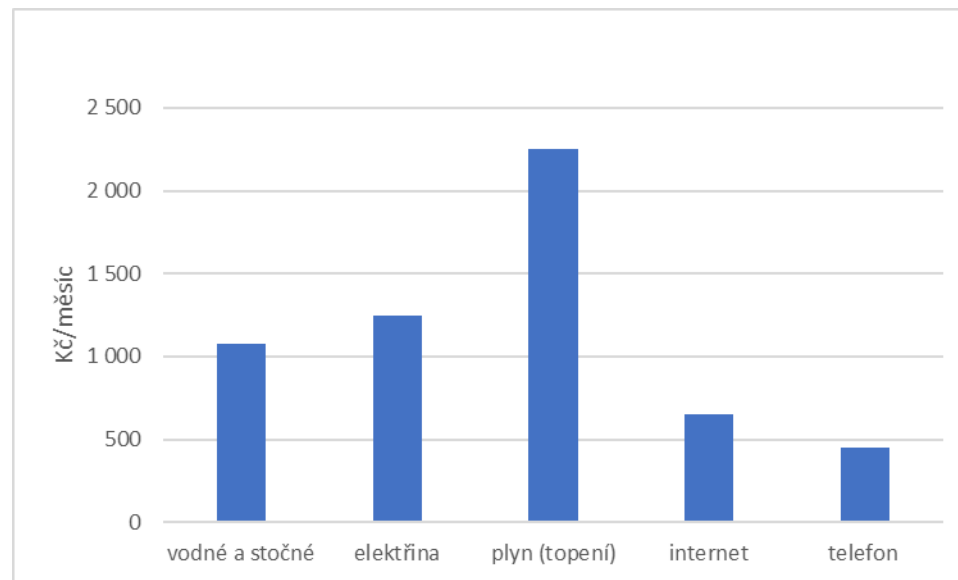
- **Der Wasserpreis im Verhältnis zu anderen monatlichen Kosten**

Bereiten Sie eine Grafik vor, die zeigt, wie viel ein durchschnittlicher Haushalt in Ihrer Region für Wasser und für andere Versorgungsleistungen und Dienstleistungen wie Kabelfernsehen, Internet und Telefon zahlt. Sie werden überrascht sein, wie gering der Kostenanteil eines Grundbedürfnisses (vielleicht sogar des grundlegendsten) menschlichen Bedarfs, Wasser, im Vergleich zu Strom, Gas oder Internetanschluss ist.

Beispiel für einen Vergleich mit typischen Preisen im Jahr 2024:

Service	Durchschnittliche monatliche Kosten	Prozentualer Anteil
Wasser und Abwasser	1.080 CZK	17,9 %
Strom	1.250 CZK	20,7 %
Gas (Heizung)	2.250 CZK	37,3 %
Internet	650 CZK	10,8 %
Telefon (mobil)	450 CZK	7,5 %
Sonstige Heizung	Variable	-
In Summe	6.030 CZK	100 %





- **Welche Stoffgruppen in der Wasseraufbereitungsanlage entfernt werden und welche Technologien dafür eingesetzt werden**

Methoden zur Entfernung und die Bedeutung einzelner Stoffe für den Organismus und die Umwelt werden im nächsten Teil dieser Methodik detailliert beschrieben. Überlegen Sie jedoch, ob sich die Technologie auch darauf konzentriert, etwas weniger Gewöhnliches zu entfernen. Einige Grundwässer können beispielsweise einen höheren Gehalt an Nickel oder anderen Metallen aufweisen. Andernorts kann das Wasser reich an Radon sein. Vergessen Sie nicht, den Kindern gegenüber zu betonen, dass dies etwas Typisches für den Ort ist.

Denken Sie darüber nach:

- **Wohin bringen Sie Besucher?**

Im Hinblick auf ihre Sicherheit, die Verkehrssicherheit, die Platzkapazität (versuchen Sie zum Beispiel, einen Platz zur Verfügung zu stellen, an dem sie ihre Rucksäcke abstellen können – es ist besser, wenn sie nicht mit ihnen durch die gesamte Verarbeitungsanlage laufen), das Zeitbudget der Tour und die Entfernung zwischen einzelnen Orten.

Denken Sie daran, dass Kinder in der Schule viele Erklärungen haben und einen Ausflug in erster Linie machen, um etwas zu sehen (ein einstündiger Vortrag in einem Besprechungsraum und eine halbe Stunde im Stau sind nicht gerade das, was Kinder begeistern würde). Die bewährte Methode der Exkursionsroute besteht darin, in Richtung des Wasserflusses an der Kläranlage zu gehen.

Wenn Sie wissen, dass Sie an einen lauten Ort gehen, versuchen Sie den Teilnehmern zu erklären, was sie dort sehen werden, bevor sie das Gebäude betreten. Es bleibt Ihnen überlassen, ob Sie vor oder nach dem Betreten des Ortes mit einer ausführlicheren Beschreibung beginnen.

Aufgrund der Komplexität einiger Technologien können zur Beschreibung des Prozesses auch grafische Diagramme verwendet werden. Vergessen Sie nicht, dass Kinder eine lange Erklärung an einer Stelle nicht ertragen können. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, den Kindern vor dem Betreten zu erklären, was sie sehen werden, sich darauf zu einigen, was und in welcher Reihenfolge (erster Einlass, zweiter Auslass, dritter...)

gezeigt wird, ihnen einen kurzen Blick zu gewähren und dann das Gebäude zu verlassen. Anschließend nehmen Sie das Diagramm in die Hand und erklären den Vorgang genauer. Bevor Sie zur nächsten Station übergehen, fragen Sie die Kinder, ob sie mit ihrem neu erworbenen Wissen noch einmal einen Blick ins Innere werfen möchten, um die Technik zu sehen.

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

Dieser Punkt mag trivial erscheinen, aber überspringen Sie ihn bitte nicht. Was ist das Mindeste, das jeder Teilnehmer von Ihrem Ausflug mitnehmen muss? Denken Sie darüber nach, notieren Sie sich ein paar Punkte und planen Sie Ihren Ausflug entsprechend. Nehmen Sie das Papier gerne mit auf die Exkursion und schauen Sie immer wieder nach, ob Sie vergessen haben, etwas Wichtiges aus der Liste zu erwähnen. Wiederholung ist die Mutter der Weisheit, daher ist es in Ordnung, etwas mehr als einmal zu erwähnen. Wiederholen Sie dies gerne zwischen den Zügen mit den Kindern – stellen Sie ihnen Fragen, um zu sehen, ob sie die Informationen der vorherigen Station verstanden haben.

- **Wie und wo werden Sie diese aufrufen, zusammen mit dem Zeitaufwand für die einzelnen Stopps?**

Der Mensch ist ein Geschöpf mit einer schlechten Einschätzung der Dauer der Dinge. Denken Sie daran, dass weniger manchmal mehr ist. Wenn noch Zeit übrig ist, können Sie sich um weitere Fragen der Kinder kümmern und diese mit ihnen wiederholen. Es fühlt sich auf jeden Fall besser an, als einen langen Monolog zu halten und dabei unter Zeitdruck zu stehen. Darüber hinaus können Kinder weitere Informationen aus der Exkursion mitnehmen.

Bedenken Sie, dass es nicht Ihre Aufgabe ist, den Kindern während einer kurzen Exkursion alle Informationen einzuhämmern. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, die Teilnehmer für das Fachgebiet zu begeistern. Geben Sie ihnen etwas von Ihrer Begeisterung und Motivation. Schließlich sind viele von uns im Feld tätig, weil Wasser lebensnotwendig ist und unsere Arbeit eigentlich einen höheren Sinn hat.

- **Was werden Sie ihnen zeigen und demonstrieren, was können sie unter Ihren Bedingungen selbst ausprobieren**
- **Was könnten sie dich fragen?**

In jedem Kapitel haben wir versucht, einige typische Fragen zum jeweiligen Thema aufzunehmen und auch kurze Antworten zu geben. Konkret haben wir versucht, in drei Sätzen zu antworten. Versuchen Sie, genauso zu denken – haben Sie weitere Fragen? Wenn ja, schreiben Sie sie auf und bereiten Sie kurze Antworten vor. Denn für ausführlichere Antworten bleibt während der Exkursion meist keine Zeit.

- **Was Sie in ihrem Alter nicht verstanden haben und gerne verstehen würden**

Überlegen Sie, was Ihrer Meinung nach wichtig ist. Was möchten Sie schon in jungen Jahren verwirklichen? Jetzt ist es an der Zeit, es jemand anderem zu erklären. Vielleicht wird er es nicht sofort verstehen, vielleicht wird es einige Zeit dauern, aber wer weiß, vielleicht wird er sich noch lange an dich erinnern und sich über das gewonnene Wissen freuen.

- **Was wirst du sie fragen?**

Fragen, um den Rundgang interaktiver zu gestalten und gleichzeitig den anfänglichen Wissensstand der Teilnehmer zum jeweiligen Thema zu ermitteln. Allerdings müssen Sie nicht nur erste Kenntnisse testen. Scheuen Sie sich nicht, das erworbene Wissen während der Exkursion zu testen. Das ist eine großartige Form des Feedbacks für Sie – haben sie die Informationen aus meiner Präsentation verstanden und wo gibt es

Lücken? Darüber hinaus ist die schrittweise Wiederholung eine der besten Lernmethoden. Die Studierenden haben die Möglichkeit, sich aktiv an Informationen zu erinnern, was ihnen hilft, Wissen vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis zu übertragen. Aber denken Sie daran, dass wir jetzt lehren, nicht testen!

Stellen Sie vor allem Fragen und stellen Sie sicher, dass sie die Dinge aus Ihrer Liste „Was sind die wichtigsten Dinge, die die Teilnehmer von der Exkursion mitnehmen sollten“ verstehen.

Andererseits muss man sagen, dass manche Schüler Fragen oder die Antworten darauf überhaupt nicht mögen, und diese Abneigung nimmt mit zunehmendem Alter zu; Es ist also nicht deine Schuld, wenn dir niemand alleine antworten will. Von didaktischer Bedeutung ist auch die Frage „Sprache“, an die sich eine kurze Pause anschließt, in der die Zuhörer meist denken, auch wenn der Guide dann antwortet, versuchten die Zuhörer auch, die Antwort in eigenen Worten zu formulieren, was sich positiv auf das Verständnis und die Erinnerung an den Stoff auswirkt.

Wenn Sie das Gefühl haben, auf eine wirklich schüchterne Gruppe gestoßen zu sein, versuchen Sie, mit ganz einfachen Fragen zu beginnen und geben Sie dem Teilnehmer eine Belohnung für die richtige Antwort (Süßigkeiten, Stift, anderer Werbeartikel), vielleicht um ihn zu motivieren, bei zukünftigen Fragen aktiver zu sein.

Stellen Sie sicher und bereiten Sie sich im Voraus vor:

- **Erforderliche Dokumente, die vom Anlagenbetreiber gefordert werden (typischerweise zum Beispiel Gesundheits- und Sicherheitsdokumente)**
- **Notwendige Sicherheitsausrüstung, ggf. (Handschuhe, Helme, Warnwesten...)**
- **Arbeitsblätter für Besucher (nach Absprache mit den Lehrkräften)**
- **Hilfsmittel für anschauliche Beispiele**

Zum Beispiel:

- mobile Handtests (manchmal auch Tröpfchentests genannt) – typischerweise für betriebliche Messungen von Chlor, Eisen, Mangan oder pH,
- Werkzeug,
- Wasserzähler (idealerweise auch zerlegt),
- Probenahmegeräte zur Probenahme von Wasser in einzelnen technologischen Stufen (+ automatischer Probenehmer),
- Probe Filtermaterial in einem Glas.

Wir empfehlen außerdem, ein vereinfachtes technologisches Diagramm zu erstellen, das entweder den Teilnehmern ausgehändigt wird, oder die zweite Option – die regelmäßige Darstellung des aktuellen Standorts im Großformat. Wir bevorzugen die zweite Option, da die Teilnehmer die Papiere wahrscheinlich sowieso nicht behalten werden (die Einfallsreicheren verlieren sie bereits während der Exkursion und Sie haben die Möglichkeit, sie beispielsweise in offenen Sandfiltern zu suchen). Darüber hinaus können Kinder im Großformat besser sehen, wenn Sie in großen Mengen zeigen, und es ist weniger wahrscheinlich, dass Sie ihre Aufmerksamkeit verlieren. Nach ein paar Versuchen hat sich das Verfahren bewährt und wenn Sie die Möglichkeit haben, empfehlen wir Ihnen, das Papier lebenslang zu laminieren.

- **Kleine Belohnungen für Besucher,**

falls vorhanden (z.B. Firmenstifte, Bonbons...). Wir können diesen Punkt wärmstens empfehlen. Verschenken Sie jedoch nichts umsonst – für eine richtige Antwort, eine gute Frage (eine sehr merkwürdige – das „kauft“ Ihnen etwas Zeit zum Nachdenken, wenn Sie die Frage wirklich überrascht).

1.2 Vorbereitung vor dem Ausflug

In diesem Teil geht es um die Schulvorbereitung – was sie in der Schule lernen sollten, mit welchen Informationen sie arbeiten müssen, Vorbereitung von Arbeitsblättern, Aufgaben für Exkursionen. Aber bedenken wir die begrenzte Zeitspanne, die sie dafür aufwenden, und den Bedarf an vorbereiteten Materialien, die sie sofort nutzen können.

Aufgrund der Gesamtkomplexität des Themas und aus pädagogischer Sicht empfiehlt es sich, dass die Exkursionsteilnehmer bereits vor der eigentlichen Exkursion eine theoretische Vorbereitung absolvieren – die Menge der gespeicherten Informationen erhöht sich und Sie müssen grundlegende Fragen wie den Wasserkreislauf nicht direkt an der Kläranlage besprechen. Wir wissen jedoch, dass dies insbesondere in größeren Städten aufgrund des geringen außerschulischen Angebots an Schulen schwierig ist. Daher ist es notwendig, die Möglichkeiten mit einem bestimmten pädagogischen Mitarbeiter zu besprechen, der im Namen der Schule die Exkursion betreut. Sprechen Sie mit Ihrem Lehrer, damit Sie wissen, was Sie erwartet.

Die Vorbereitung in der Schule kann entweder direkt von Ihnen selbst durchgeführt werden (diese Variante ist natürlich besser, da Sie die Vorlesung mit einer Exkursion kombinieren können) oder von einer pädagogischen Fachkraft; Für beide Fälle werden im Rahmen dieses Projekts Materialien (Präsentationen, Arbeitsblätter, Fotos...) vorbereitet und sind auf der Website zu finden.

1.2.1 Seien Sie der Geschichtenerzähler

Lassen Sie uns definieren, was wir sagen wollen, wo und zu wem, welche Geschichten wir in die Erzählung projizieren möchten. Was wir den Teilnehmern mitnehmen möchten.

Dieses Kapitel könnte als Erweiterung betrachtet werden, aber wir hoffen, dass Sie darin etwas Interessantes und Inspirierendes finden. Die Geschichten tragen zur Wiederbelebung des klassischen Ausflugs bei. Haben Sie jemals darüber nachgedacht, wie wichtig die Art und Weise sein kann, wie Sie sich ausdrücken? Denn die Art und Weise, wie wir Informationen vermitteln, ist genauso wichtig wie das, was wir sagen – bei Kindern oft, wenn nicht sogar noch wichtiger. Vor allem, wenn Sie die Teilnehmer einbeziehen möchten.

Historisch gesehen war das Geschichtenerzählen die wichtigste Möglichkeit, Informationen und Erfahrungen zwischen Menschen zu übermitteln. Es gilt immer noch als die effektivste Methode, Menschen anzulocken. Im Gegensatz zu „trockenen“ Fakten haben Geschichten eine persönliche Ebene, eine konkrete Handlung und rufen in uns oft Emotionen hervor, die uns umso mehr helfen, die Informationen zu erfassen und zu verarbeiten. Darüber hinaus erinnern sich Menschen Geschichten normalerweise länger und einfacher. Und wenn es ihnen besonders gut erzählt wird (die Wirkung ist „stark“), können sie uns ein Leben lang begleiten. Wir alle tragen wahrscheinlich etwas davon in uns, nicht wahr? Manchmal inspirieren sie uns sogar.

Damit eine Geschichte gut ist, muss sie sorgfältig durchdacht und vorbereitet werden. Relying on something coming up on the spot usually doesn't pay off. Darüber hinaus müssen wir aufpassen, dass wir unseren eigenen Körper nicht verraten – es heißt, dass mehr als 90 % der Kommunikation nonverbal erfolgt. Achten Sie daher besonders auf Gestik und Mimik. Es ist jedoch definitiv nicht wünschenswert, es zu übertreiben, insbesondere wenn Sie es nicht gewohnt sind – Sie möchten nicht gekünstelt wirken. Keine Sorge, alles erfordert nur Übung. Sie werden sehen, dass Sie mit jedem weiteren Ausflug besser werden. Denken Sie daran, dass die wirkungsvollsten Geschichten diejenigen sind, die Sie selbst erlebt haben. Scheuen Sie sich also nicht, den Ausflug mit Geschichten aus der Praxis aufzupeppen.

Im Rahmen dieses Projekts haben wir für Sie über die möglichen Geschichten nachgedacht und drei wichtige Handlungsstränge entwickelt, die dabei helfen, die einzelnen ablaufenden Ereignisse und Prozesse in den Kläranlagen zu veranschaulichen – die Geschichte des Wassers, die Geschichte der Stoffe und Energie und schließlich die Geschichte der Menschen. Welche der Geschichten Sie stärker fördern, sollte in erster Linie vom Zweck der Exkursion abhängen.

Das Ziel sollten Sie in einem gemeinsamen Gespräch mit der Lehrkraft lange vor der eigentlichen Exkursion festlegen. Wenn eine Gruppe von Studierenden zu der Exkursion anreist, die sich nicht so gut auskennt, ist es sinnvoll, sich besonders auf die Geschichte des Wassers zu konzentrieren – wie aus Rohwasser das aufbereitete Wasser wird, das zu Hause aus dem Wasserhahn fließt. Wenn Sie jedoch mit älteren Schülern sprechen, die bereits über Grundkenntnisse in Chemie verfügen, ist es sinnvoll, eine Diskussion über Energie, Wasserpreise und die Chemikalien einzubeziehen, die für die Aufbereitung notwendig sind, ob sie nun verwendet oder gezielt aus dem Wasser entfernt werden sollen. Für Studierende, die ein direktes Interesse an dem Fachgebiet gezeigt haben oder die Möglichkeiten einer zukünftigen Beschäftigung erforschen, wird angeboten, sie durch die Geschichte von Menschen zu führen, die in Wasseraufbereitungsanlagen arbeiten. Die einzelnen Geschichten analysieren wir in den folgenden Unterabschnitten. Sie können sich von unseren Geschichten inspirieren lassen, sie kombinieren oder einfach Ihre eigenen erfinden. Sie sind der Erzähler.

In den meisten der unten beschriebenen Abschnitte gibt es Fragen, auf die Sie wahrscheinlich stoßen werden – Sie können sich entweder „nur“ auf die Beantwortung vorbereiten oder diese Fragen direkt in Ihre Präsentation einbauen.

1.2.2 Die Geschichte des Wassers

Wasser ist praktisch überall um uns herum – nicht nur in Form von Flüssen, Teichen und Seen, sondern auch in Form von Schnee, Luft- und Bodenfeuchtigkeit; sogar wir sind voller Wasser. Etwa 60 % unseres Körpers bestehen aus Wasser – ist das nicht ein guter Grund, das bestmögliche Wasser zum Leben zu haben? Es scheint, dass es dann kein Problem mehr gibt, wenn jeder Zugang zu dem lebensnotwendigen Wasser hat. Das Gegenteil ist jedoch der Fall: Der überwiegende Teil des Wassers in der Natur ist nicht für den langfristigen direkten Verzehr ohne negative Auswirkungen auf den menschlichen Organismus bestimmt und muss entsprechend behandelt werden; Und genau darum geht es im gesamten Bereich der Wassertechnik. Mal sehen, woher das Leitungswasser kommt. Mit anderen Worten, was muss passieren, bevor wir zu Hause Trinkwasser in ein Glas gießen, was nicht nur für viele Kinder, sondern auch für Erwachsene eine Selbstverständlichkeit ist?

Als Geschichte des Wassers kann man mit einer Beschreibung des Wasserkreislaufs beginnen, also der Verdunstung des Wassers aus den Ozeanen, seinem Transport in Form von Wolken und dem anschließenden Niederschlag zu uns. Anschließend gelangt das Wasser irgendwie in die Rohwasserquelle der Kläranlage und in die Technik. Damit ist die Geschichte jedoch noch nicht zu Ende: Das verbrauchte Wasser wird gereinigt und in die Natur zurückgeführt, wo es von jemand anderem mehrmals verwendet werden kann, bevor das Wasser zurück in den Ozean fließt.

? **Frage: Wie viel Wasser gibt es auf dem Planeten und wie viel davon ist Trink-/Trinkwasser?**

💡 **Antwort:**

Gewässer nehmen fast 71 % der Erdoberfläche ein. Der überwiegende Teil des gesamten Wasservolumens befindet sich in den Ozeanen und Meeren der Welt (97,7 %), Gletscher und die langfristige Schneedecke beispielsweise an den Polen beanspruchen 1,7 % der weltweiten Wasserreserven. Nur 0,6 % befinden sich im Boden und in der Bodenumgebung (wir nennen es Grundwasser) und 0,01 % werden in Süßwasserseen, künstlichen Wasserreservoirs und Flussbetten (Oberflächenwasser) zurückgehalten. Aus beiden Quellen bereiten wir Wasser für den Verbrauch auf. Nehmen wir also an, wir arbeiten mit etwa 0,61 % des gesamten Wassers auf dem Planeten – das ist nicht einmal ein Prozent!

? **Frage: Wie viel Prozent von uns Menschen besteht aus Wasser?**

💡 **Antwort:**

Ungefähr 60 % von uns sind Wasser.

? **Frage: Wie lange kann ein Mensch ohne Wasser auskommen?**

💡 **Antwort:**

Im Durchschnitt kommen wir 3 Tage ohne Wasser aus.

Eine Studie aus dem Jahr 1944 besagt, dass ein Mensch in der Größenordnung von Tagen ohne Wasser überleben kann. Allerdings muss man sich darüber im Klaren sein, dass ein Teil des Wassers auch in der Nahrung enthalten ist, die man zu sich nimmt, und dass auch die klimatischen Bedingungen einen großen Einfluss haben. Laut BBC handelt es sich bei dem Rekordhalter um einen jungen österreichischen Maurer, der 1979 von der Polizei in einer Untersuchungshaftzelle eingesperrt und dann vergessen wurde. Angeblich hielt er 18 Tage ohne Wasser aus.

? **Frage: Welche Wasserformen kennen wir?**

💡 **Antwort:**

In der Natur können wir Wasser in drei verschiedenen Formen (Gruppen) antreffen – fest, flüssig und gasförmig und sogar gleichzeitig. Wenn wir von Wasser sprechen, denken wir meistens an seine flüssige Phase, die in Flüssen zu uns fließt, aus Wolken regnet und die wir trinken. Wasser kann jedoch auch gasförmig sein – Wasserdampf, den wir über dem Tee schweben sehen und der beim Kochen von Speisen verdunstet. Die letzte Form ist natürlich festes Wasser – das Eis, auf dem wir im Winter Schlittschuh laufen und mit dem wir im Sommer unsere Limonade abkühlen wollen.

? **Frage: Woher kommt unser Wasser?**

💡 **Antwort:**

Wir werden wahrscheinlich feststellen, dass es regnen wird. Das ist die richtige Antwort, aber fragen wir uns, ob das auch für das Grundwasser gilt. Und ja, auch hier ist die richtige Antwort, dass das Grundwasser auch Regenwasser war. Der Unterschied zwischen Untergrund und Oberfläche besteht lediglich in der Länge des Zyklus und der Zeit, in der er hier verweilt.

Das gesamte Wasser in der Tschechischen Republik stammt aus Niederschlägen und das gesamte Wasser aus der Tschechischen Republik fließt nach und nach ins Meer. Wir sind also komplett auf Regenwasser angewiesen.

SŠ: *Wussten Sie, dass Pilsner Bier gerade aufgrund des verwendeten Grundwassers einen so außergewöhnlichen Geschmack hat? Selbst wenn also jemand nach dem gleichen Rezept braute, würde das Bier aufgrund seiner anderen Grundzutat, Wasser, nicht annähernd gleich schmecken. Bier hat außerdem den großen Vorteil, dass das Wasser bei der Herstellung abgekocht wird, was dazu beiträgt, im Wasser enthaltene schädliche Mikroorganismen abzutöten. Historisch gesehen tranken sogar Kinder Bier, weil es sicherer als Trinkwasser war. Das beweist auch die Londoner Wasserepidemie, bei der sich lediglich die Brauereimitarbeiter nicht ansteckten (da sie überwiegend Bier tranken).*

Neugierig: *Wussten Sie, dass Wasser nicht von selbst entstehen kann? Das bedeutet, dass Grundwasser Zehntausende von Jahren alt sein kann und jedes Wasser vor uns bereits von einer Vielzahl von Menschen und Tieren getrunken wurde.*

? Frage: Was ist der Unterschied zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser?

💡 Antwort:

Wasser aus Flüssen, Seen und Stauseen, also an der Oberfläche sichtbares Wasser, ist Oberflächenwasser. Alles, was dem Boden (aus dem Untergrund) entnommen wird, ist bereits Grundwasser.

? Frage: Wie viel Wasser wird in der Tschechischen Republik jährlich produziert?

💡 Antwort:

Im Jahr 2022 wurden in der Tschechischen Republik insgesamt 576 Millionen Kubikmeter Trinkwasser gefördert, was weniger als zwei Lipno-Stauseen entspricht.

? F: Welche Branchen nutzen aufbereitetes Wasser?

💡 Antwort:

Sicherlich verwendet jede Industrie Wasser in ihrer Produktion. Sei es einer der Rohstoffe oder einfach nur Kühlwasser. Wir geben hier nur einige Beispiele. Die Landwirtschaft steht zweifellos an der Spitze der Konsumskala. Es mag die Teilnehmer überraschen, aber 70 % des weltweiten Süßwassers (etwa 3 % des weltweiten Wassers einschließlich gefrorener Vorräte; weniger als 1 % bei konventionellen Quellen) werden in der Landwirtschaft verwendet. Das sind fast $\frac{3}{4}$ der Gesamtmenge! Allerdings ist die Landwirtschaft nicht die einzige. Auch die Bekleidungsindustrie verbraucht Unmengen an Wasser. Ganz zu schweigen davon, dass die

meisten Kleidungsstücke nie getragen werden. Aber das ist wahrscheinlich eine traurige Geschichte für ein anderes Mal. Darüber hinaus wird Wasser von der Lebensmittelindustrie genutzt – diese muss für ihre Tätigkeiten häufig regelmäßig zufriedenstellende Wasseranalysen dokumentieren. Bestimmt haben die Kinder schon gehört, dass die Produktion von Elektronik viel Wasser verbraucht – all die Batterien sind eine große Belastung für die Umwelt. Mit dem Zeitalter der Elektroautos ist der Wasserbedarf noch größer. Selbst wenn wir darüber nachdenken, wie viel Wasser nötig ist, um ein so brennendes Elektroauto zu löschen...

Für Neugierige: Die anspruchsvollsten Kulturpflanzen im Hinblick auf den Wasserverbrauch sind Baumwolle, Zuckerrohr, Weizen, Mais und Reis. Überraschenderweise gehören dazu auch Nüsse, die häufig in wasserarmen Gebieten angebaut werden.

? **Frage: Was ist ein Wasserzeichen?**

💡 **Antwort:**

Der Wasser-Fußabdruck sagt uns, wie viel Süßwasser (direkt oder indirekt) für den Anbau von Pflanzen oder die Herstellung eines bestimmten Produkts verbraucht wird. Es ist also ein bestimmter Indikator, der uns hilft, die Belastung der Umwelt zu erkennen.

Gewisse Arten von Wasserspuren gibt es zwar auch, aber so weit zu gehen lohnt sich bei einem Ausflug definitiv nicht. Aber wenn die Kinder die Information mitnehmen, dass der Wasser-Fußabdruck existiert und er eine gute Möglichkeit ist, unser Verhalten gegenüber Wasser zu bewerten, wird er teilweise gewonnen.

Für Neugierige: Um eine Vorstellung zu geben: Pro Kilo Rindfleisch werden rund 15,5 Tausend Liter Wasser verbraucht. Der Wasser-Fußabdruck beträgt somit 15,5 Tausend l/kg Fleisch. Im Vergleich dazu hat Reis beispielsweise rund 1,6 Tausend l/kg. Also langsam zehnmal weniger als Rindfleisch.

1.2.3 Die Geschichte von Materie und Energie

Wenn die Kinder bereits gut mit der Geschichte des Wassers vertraut sind oder es sich um ältere Schüler mit einem Verständnis für Chemie handelt, bietet es sich an, die Geschichte von Stoffen und Energie in die Exkursion einzubeziehen. Schließlich ist die Wasseraufbereitung alles andere als einfach und kostenlos. Dies ist wohl eine der irrtümlichsten Annahmen überhaupt. Jeder hat dann das Gefühl, dass es überall um uns herum reichlich Wasser gibt und die Wasserkonzerne den Menschen nur Geld aus der Tasche ziehen wollen. Und das Gegenteil ist der Fall, wenn wir beginnen, uns für die Wasserpreise zu interessieren. Wahrscheinlich wissen nur wenige, dass für die Rohwasseraufnahme eine Gebühr erhoben wird. Außerdem müssen wir Rohwasser pumpen und diese Energie kostet auch etwas. Und wenn wir von Energien sprechen, lassen wir hier eine wesentliche außer Acht: die menschliche Energie, ohne die die Verarbeitungsanlage definitiv nicht auskommen würde. Glücklicherweise wird das im nächsten Kapitel besprochen.

Wie viel kosten die Chemikalien, die wir dem Wasser hinzufügen müssen, um es aufzubereiten? In Aufbereitungsanlagen für beide Wasserarten werden verschiedenste Chemikalien eingesetzt, die ohne sie nicht möglich wären, da das Wasser nicht den gesetzlichen Anforderungen entsprechen würde und die Gesundheit der Verbraucher gefährden könnte. Dabei geht es jedoch nicht nur um die Stoffe, die wir dem Wasser zuführen, sondern vor allem um diejenigen, die wir im Wasser loswerden wollen.

? **Frage: Welche Stoffe kommen im Wasser vor?**

💡 **Antwort:**

Im Allgemeinen können wir zwischen chemischen und biologischen Parametern unterscheiden, die wir im Wasser überwachen. Aufgrund ihrer Größe lassen sich Stoffe im Wasser in ungelöste, kolloidale und gelöste Stoffe einteilen. Am besten entfernt man natürlich die Größten (die Ungelösten). Stoffe können anorganischer oder organischer Natur sein. Generell kann man von Salzen, Metallen, Gasen, Mikroschadstoffen, Krankheitserregern, aber auch harmlosen Mikroorganismen und gesundheitsfördernden Stoffen sprechen.

Oberstufe: Der folgende Teil richtet sich vor allem an Oberstufenschüler, die bereits über solide Grundlagen in Chemie verfügen, denn nur dann werden alle Konsequenzen und Zusammenhänge vollständig verstanden. Hier sind die Wasserparameter, die wichtig sind.

? **Frage: Über welche Konzentrationen werden wir sprechen?**

💡 **Antwort:**

Sie können die Kinder fragen, wie hoch ihrer Meinung nach die Konzentrationen einzelner Stoffe im Wasser sind. Sie werden wahrscheinlich überrascht sein, dass kein Stoff in gewöhnlichem Wasser den Wert von einem Viertel Gramm pro Liter überschreitet. Einige (Eisen oder Mangan) werden höchstens in Milligramm pro Liter angegeben, bei Schwermetallen oder Pestiziden können wir bis zu mehreren zehn Mikrogramm pro Liter betragen.

1 Gramm pro Liter entspricht etwa 1 Teil der Substanz pro 999 g Wasser. Ein Milligramm entspricht dann einer Verdünnung von 1:1.000.000, bei Mikrogramm dann 1:1.000.000.000.

? Frage: Welche Stoffe und Verschmutzungen können uns normalerweise in Gewässern begegnen?

💡 Antwort:

Eisen und Mangan – Beide Parameter werden durch den geologischen Untergrund verursacht und sind ein völlig normaler Bestandteil praktisch jedes Grundwassers. Darüber hinaus kann Eisen aus älteren internen Verteilungssystemen direkt in den Häusern stammen (wenn also zu Hause rostiges Wasser fließt, stellt dies in der Kläranlage möglicherweise kein Problem dar). Die gute Nachricht ist, dass sie in den üblichen Mengen (Milligramm pro Liter) nicht gesundheitsschädlich sind – allerdings stellen sie beispielsweise beim Kochen oder Waschen ein Problem dar, wo sie zu braunen Flecken auf der Kleidung führen können. Allerdings stehen hohe Mangankonzentrationen im Verdacht, negative Auswirkungen auf das Nervensystem zu haben.

Nitrate und Nitrite – Stickstoffverbindungen gelangen durch landwirtschaftliche Aktivitäten (Düngung) oder das Eindringen von organischem Material in das Wasser ins Wasser. Für Erwachsene stellen sie kein Problem dar, aber für Kinder ist es notwendig, diese Parameter zu überwachen (deshalb wird Babywasser hauptsächlich durch den Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen definiert). Nitrate werden im menschlichen Körper in Nitrite umgewandelt, die irreversibel mit Hämoglobin reagieren und Methämoglobin bilden. Methämoglobin ist nicht mehr in der Lage, Sauerstoff zu transportieren, was zum Ersticken des Kindes führen kann (in „helleren“ Stadien allmähliche Blaufärbung).

radiologische Parameter – Vielleicht werden Sie diese Informationen überraschen, aber praktisch jedes Wasser ist radioaktiv, sogar Trinkwasser. Aber Sie müssen sich keine Sorgen machen – die Grenzwerte sind sehr streng festgelegt, sodass Sie dem Risiko eines akuten Strahlensyndroms (Kopfschmerzen, Erbrechen) ausgesetzt sind, wenn Sie 45 Millionen m³ Wasser auf einmal trinken (etwa ein Sechstel von VN Slapy). Die häufigste Radioaktivitätsquelle im Wasser (wie auch in der Luft) ist Radon-222, gefolgt von Kalium-40, Uran-235 und Uran-238. Dies sind alles natürliche Radionuklide und eine Kontamination beispielsweise durch Tschernobyl stellt kein Problem dar.

Mikrobiologische Parameter:

Das könnte auch deshalb interessant sein, weil jedes Wasser eine bestimmte Menge an Mikroorganismen enthält. Das Dekret beschränkt jedoch alle ungünstigen und gefährlichen Mikroorganismen auf Null und lässt nur harmlose oder tote im Wasser zu. Im aufbereiteten Wasser befinden sich Zehntausende Mikroorganismen, von denen nur ein sehr kleiner Teil kultivierbar ist. Im Allgemeinen können nur 0,27 % aus Rohwasser kultiviert werden, weniger als 0,01 % aus aufbereitetem Wasser. Mit anderen Worten: Nur ein so geringer Prozentsatz kann isoliert und anschließend mit herkömmlichen Kulturmethoden bestimmt werden.

Es gibt viele Krankheitserreger, die im Wasser vorkommen können, und historisch gesehen waren die weltweit bedeutendsten wasserbedingten Epidemien Cholera (eine gefährliche Durchfallerkrankung) und Typhus (plötzliches Fieber und lebensbedrohliche Dehydrierung).

Bei der Beurteilung der mikrobiologischen Sicherheit wird nicht nach bestimmten schädlichen Mikroorganismen (Krankheitserregern) gesucht. Die Suche nach einzelnen Organismen wäre nicht nur zeitaufwändig, sondern auch technisch anspruchsvoll, weshalb wir uns bei einer epidemischen Untersuchung meist nur auf einen bestimmten Organismus konzentrieren. Unter normalen Bedingungen werden Gruppenbestimmungen des sogenannten Indikatorensystems durchgeführt. Das kann man so verstehen, dass wir immer einem Stellvertreter folgen, der angibt, ob es uns gelingt, eine bestimmte Gruppe von

Mikroorganismen aus dem Wasser zu entfernen. Kotverschmutzungsindikatoren werden auf der ganzen Welt verwendet, um nach Bakterien zu suchen, die häufig im Darm von Warmblütern vorkommen. Typische Indikatoren sind *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* (E. coli) und Enterokokken.

***Clostridium perfringens* – weist auf eine erfolgreiche Eliminierung parasitärer Protozoen hin. Der Nachweis solcher Bakterien weist eindeutig darauf hin, dass das Wasser mit Fäkalien in Kontakt gekommen ist und möglicherweise ein Gesundheitsrisiko darstellt.**

E.Coli – Dies ist ein häufig in unserem Darm vorkommendes Bakterium, es gibt jedoch auch pathogene Stämme dieses Bakteriums. Die Folgen einer Infektion können von blutigem Durchfall bis hin zum Nierenversagen (insbesondere bei Kleinkindern) reichen.

Legionellen – wurden 1976 aufgrund einer mysteriösen Epidemie in den USA entdeckt. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Bakterien erfolgt die Infektion mit Legionellen durch Inhalation. Es kommt häufig in allen Gewässern vor, stellt jedoch in warmen Gewässern und klimatisierten Einheiten ein Risiko dar, wo es sich in großen Mengen vermehrt. Dieses Bakterium gedeiht am besten zwischen 25 und 45 Grad Celsius. Weltweit steigt die Infektionsrate. Da die Energiepreise stiegen, wurde an der falschen Stelle gespart und der heimische Heizkessel auf einer unzureichenden Temperatur gehalten. Dies führte dazu, dass sich die Bakterien in ihm auf lebensgefährliche Konzentrationen vermehrten. Die Infektion äußert sich als fieberhafte Erkrankung, die zu einer schweren Lungenentzündung und bei schwächeren Personen zum Tod führt. Aufgrund des finanziellen und zeitintensiven Charakters der Überwachung ihres Auftretens in Haushalten ist es notwendig, auf Prävention zu achten und den Kessel ausreichend zu heizen – zur Beseitigung der Bakterien ist eine Wassertemperatur über 60 Grad Celsius notwendig. Die letzten Vertreter, die wir hier erwähnen, sind heterotrophe Bakterien, natürliche und harmlose Bakterien in der aquatischen Umwelt. Heterotrophe Bakterien werden bei zwei verschiedenen Temperaturen bestimmt, nämlich 22 und 36 Grad Celsius. Dabei handelt es sich um einen der ersten historisch untersuchten mikrobiologischen Indikatoren, der heute jedoch keine medizinische Bedeutung mehr hat.

? **Frage: Welche im Wasser häufig vorkommenden Stoffe sind gesundheitsfördernd und welche im Gegenteil schädlich?**

💡 **Antwort:**

Wie der weise Alchemist Paracelsus einmal sagte: „Alles ist Gift, alles ist Gift. Es kommt nur auf die Dosis an.“ Im Wasser ist es nicht anders. Ja, manche Stoffe sind schon in sehr geringen Mengen schädlich und ihr Vorkommen ist unerwünscht. Dabei kann es sich um die bereits erwähnten Krankheitserreger, Pestizide, Arzneimittel und andere biologisch aktive Substanzen handeln. Andere können auf Dauer schädlich sein und manche, wie zum Beispiel die bereits erwähnten Mineralstoffe Magnesium und Kalzium, können sogar notwendig für unsere Gesundheit sein.

? **Frage: Welche Chemikalien fügen wir dem Wasser bei der Aufbereitung hinzu?**

💡 **Antwort:**

Je nach Technologie fügen wir dem Wasser viele Chemikalien hinzu und benötigen auch unterschiedliche Materialien (z. B. Filtermaterialien wie körnige Aktivkohle, Sand, Quarz, gemahlener Kalkstein, Blähtongranulat und viele andere). Wir geben hier nur eine kurze Zusammenfassung.

Oft ist es notwendig, das Wasser zu härten, also dem Wasser „künstlich“ Kalzium zuzusetzen, damit das Wasser nicht aggressiv gegenüber den Leitungen ist (mehr dazu finden Sie in den Technologiemodulen). So stellen Sie den pH-Wert und den Kalziumgehalt des Wassers ein:

Soda – wir kennen es aus dem Haushalt, ist aber ein fester Bestandteil von (meist kleineren) Wasseraufbereitungsanlagen. Soda wird in Pulverform geliefert, die Dosierung erfolgt direkt in der Kläranlage in wässriger Lösung. Der Zweck der Verwendung von Backpulver besteht darin, den pH-Wert des Wassers zu erhöhen (seinen Säuregehalt zu senken).

Natriumhydroxid – wird in kleinen Kläranlagen zur Behandlung (Erhöhung des pH-Werts) von natürlichem, leicht saurem Wasser verwendet. Genau wie Soda wird seine wässrige Lösung dosiert.

Entsäuerungsfilter – es werden natürliche Materialien wie halbgebrannter Dolomit, Marmor oder Kalkstein verwendet. Das Wasser passiert den Filter, löst das Filtermaterial auf, reichert sich mit Mineralien an und erhöht seinen pH-Wert.

Kalkhydrat – es mag einige überraschen, aber in Kläranlagen wird gewöhnlicher Kalk verwendet. Es dient nicht zur Herstellung von Mörtelmischungen, sondern zur Erhöhung des pH-Wertes von Wasser. Es wird dem Wasser in Form von Kalkmilch oder Kalkwasser zugesetzt. In größeren Verarbeitungsbetrieben kommt es häufig zum Kalkmanagement, die Kalkmilch wird in einer sogenannten Kalkdrossel hergestellt.

Rohwasser (insbesondere Grundwasser) enthält erhöhte Mengen an Eisen und Mangan. Obwohl oft behauptet wird, dass sie nicht gesundheitsschädlich sind, ist dies bei Mangan nicht so sicher. Einige Quellen sprechen von einer möglichen Wirkung auf das Nervensystem. Wir sind besonders besorgt über Eisen, weil es die sensorischen Eigenschaften von Wasser beeinflusst – Sie können den Kindern eine Probe von wirklich eisenhaltigem Wasser zeigen, damit wir alle wissen, wovon wir reden. Um diese Stoffe zu entfernen, ist außerdem der Einsatz von Chemikalien oder einem bestimmten Material notwendig:

Kaliumpermanganat – auch wenn es wirklich seltsam klingen mag, wird zur Entfernung von Mangan eine manganhaltige Verbindung verwendet. Permanganat ist ein starkes Oxidationsmittel, das uns hilft, Mangan und Eisen in eine entfernbare Form (von gelöst in ungelöst) umzuwandeln. Nach der Oxidation reicht ein klassischer Sandfilter aus, um sie zu entfernen.

Sauerstoff/Luft – wird bei erhöhten Eisenkonzentrationen verwendet. Ähnlich wie Permanganat wirkt Sauerstoff oxidierend und überführt Stoffe in eine ungelöste, leicht entfernbare Form. In großen Oberflächenwasseraufbereitungsanlagen kommt es häufig zu Sauerstoff. Möglicherweise stellen Sie fest, dass es in Druckflaschen aufbewahrt wird. Solche Aufbereitungsanlagen nutzen Sauerstoff nicht für die normale Oxidation von Eisen, sondern für die Erzeugung von Ozon zur Ozonisierung von Wasser. Aber mehr dazu später im Dokument.

Natriumhypochlorit – Hypochlorit wird in kleineren Kläranlagen zur Oxidation und damit Entfernung von Eisen eingesetzt. Sondern mehr zum Thema Hypochlorit als Desinfektionsmittel. Fast jeder nutzt und kennt SAVO gut, es ist eine Natriumhypochloritlösung. Dies ist eines der möglichen Mittel zum hygienischen Schutz vor Mikroorganismen. In jeder kleinen Verarbeitungsanlage in der Tschechischen Republik stößt man auf Hypochlorit. Neu ist, dass auch einige größere Verarbeitungsbetriebe damit beginnen, es selbst zu produzieren und in Betrieb zu nehmen.

? Frage: Wie unterscheidet sich normales SAVO vom in Kläranlagen verwendeten Hypochlorit?

💡 Antwort:

SAVO und normales Natriumhypochlorit (NaClO), das in Wasseraufbereitungsanlagen verwendet wird, haben den gleichen Wirkstoff, nämlich Natriumhypochlorit. Die wohl größten Unterschiede bestehen in der Konzentration und Anwendung. Das SAVO, das wir zu Hause haben, ist normalerweise eine 5 %ige Lösung und wurde speziell aus Gründen der Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit für den Durchschnittsverbraucher auf diese Weise formuliert. Zu Hause verwenden wir es als Desinfektionsmittel für Oberflächen oder als Bleichmittel. In Kläranlagen variiert die Konzentration jedoch je nach Bedarf der einzelnen Kläranlage. Erwartet wird außerdem eine gewisse Reinheit des Hypochlorits, die eine höhere Stabilität des Produkts gewährleistet und vor allem unerwünschte Nebenprodukte im Wasser bei der Verwendung verhindert. In Kläranlagen wird Hypochlorit verwendet, um Wasser vor Krankheitserregern zu desinfizieren und so die Sicherheit für Verbraucher zu gewährleisten.

Für stärker verschmutzte Wasserquellen, das heißt hauptsächlich Oberflächenwasser, werden andere spezifische Chemikalien wie Koagulationsmittel, Hilfsflockungsmittel und fortschrittliche Oxidationsprozesse benötigt.

Koagulationsmittel auf Basis dreiwertiger Ionen – sogenannte Koagulanzen werden zur Ausfällung wirklich kleiner (kolloidaler) Verunreinigungen verwendet, die dazu beitragen, Verunreinigungen zu größeren Einheiten zu aggregieren, sodass sie leichter entfernt werden können (weitere Informationen finden Sie im Technologiemodul).

Ozon – Die Ozonisierung ist eine der wirksamsten Formen der hygienischen Wassersicherheit und eine kurze Kontaktzeit mit dem Wasser reicht aus. Ein großer Vorteil besteht darin, dass keine chlorhaltigen Desinfektionsnebenprodukte entstehen. Aufgrund seiner geringen Stabilität in der unteren Atmosphäre muss Ozon direkt in einer Wasseraufbereitungsanlage erzeugt werden und wird aus Luft oder reinem Sauerstoff erzeugt, der einer hohen elektrischen Entladung ausgesetzt wird.

Granulierte Aktivkohle – Sorption an körniger Aktivkohle wird in der Technologiekarte ausführlicher besprochen. Dass es dabei hilft, Mikroschadstoffe, geruchs- und geschmacksverursachende Stoffe aus dem Wasser zu entfernen, möchten wir nur kurz anmerken. Allerdings muss es von Zeit zu Zeit regeneriert werden, um die Technologie so effektiv wie möglich zu halten. Heutzutage kommt es leider immer häufiger zu einer Verschmutzung unterirdischer Quellen mit Pestizidsubstanzen, weshalb die Filterung durch granuliert Kohle immer häufiger auch bei unterirdischen Quellen eingeführt wird.

Chlor – Das wohl bekannteste organoleptische Merkmal von zugeführtem Wasser ist der Geruch, bei dem es sich meist um Chlor handelt (schließlich kann man ihn beispielsweise in Schwimmbädern riechen). Bisher war zur Gewährleistung der mikrobiologischen Sicherheit ein Chlorgehalt ungleich Null im Trinkwasser erforderlich; Dies war schon seit einigen Jahren nicht mehr nötig. Der menschliche Geruchssinn reagiert jedoch sehr empfindlich auf Chlor und der Grenzwert von 0,3 mg/Liter ist bereits so stark spürbar, dass der gewöhnliche Chlorgeruch aus der Wasserversorgung weit unter dem Grenzwert liegt.

? Frage: Warum muss Wasser gechlort werden, wenn es sich negativ auf die organoleptischen Eigenschaften des Wassers auswirkt?

💡 Antwort:

Meistens haben wir im Leben immer etwas zu tun, und hier ist es leider nicht anders. Die Chlorierung von Wasser hilft uns, Wasser über einen längeren Zeitraum und über eine längere Distanz zu sichern, bevor das Wasser den Verbraucher erreicht. Darüber hinaus hängt die Qualität nicht so sehr von der internen Verrohrung und deren Sauberkeit ab, da freies Chlor auch unterwegs für eine Desinfektion sorgt. Dies ist eine solche Versicherungspolice für den Betreiber, und nur wenige würden eine solche Verantwortung auf sich nehmen. Denn wenn die hygienische Sicherheit nicht gewährleistet wäre, könnte das Vorkommen von Krankheitserregern im Wasser fatale Folgen haben. Wir würden in die historischen Zeiten der Wasserepidemien zurückkehren. Und ja, einige Kläranlagen (insbesondere im Ausland) arbeiten ohne Chlor, aber dafür ist eine hochwertige Infrastruktur erforderlich. Lassen Sie uns ehrlich antworten: Glauben Sie, dass überall in der Tschechischen Republik Geld vorhanden ist, um Verteilungsleitungen durch neue zu ersetzen? Rohre regelmäßig prüfen und reparieren? Was ist mit dem Teil beim Verbraucher? Überprüfen Sie regelmäßig die Verkabelung zu Hause? Und wie oft desinfizieren Sie Ihren Wasserhahnsprudler zu Hause?

1.2.4 Die Geschichte des Geldes

Da es in erster Linie um Geld geht, sollte ein Teil der Erklärung der Exkursion (bzw. des vorangegangenen Vortrags) der Wasserpreisgestaltung gewidmet werden, da die Laienöffentlichkeit (zu der auch die Teilnehmer der Exkursionen zählen) keine Ahnung hat, woraus sich der Wasserpreis zusammensetzt. Wir sind bereits auf die Meinung gestoßen, dass beispielsweise diese hundert Kronen pro Kubikmeter alle als Gewinn an das Unternehmen gehen, weil das Wasser frei von der Natur ist, die Infrastruktur aus der Zeit des Sozialismus stammt und nichts anderes benötigt wird. Dass das ganz sicher nicht so einfach ist, müssen wir Ihnen als Betriebsmitarbeiter wahrscheinlich nicht sagen.

Die Bildung des Wasserpreises richtet sich nach den einschlägigen Rechtsvorschriften und dem regelmäßig (jährlich) aktualisierten Preisbescheid des Finanzministeriums (der unter anderem den maximalen Wasserpreis für ein bestimmtes Jahr für einzelne Regionen der Tschechischen Republik, den sogenannten sozialverträglichen Preis, und den maximalen Prozentsatz des Gewinns der Betreibergesellschaft, den sogenannten angemessenen Gewinn, umfasst). Eine wichtige Rolle bei der Preisgestaltung spielt der Eigentümer der Infrastruktur, meist die zuständige Gemeinde, die die vom Betreiber erstellte Preisberechnung genehmigt. In die Preisberechnung werden dann Kostenpositionen einbezogen, die bei der Trinkwassergewinnung anfallen. Die Kosten beginnen bereits mit der Entnahme von Rohwasser, für die eine Gebühr zu entrichten ist (bei Oberflächen- und Grundwasser hat die Gebühr eine andere Höhe und eine andere Zielorganisation). Die Wassergewinnung erfolgt oft mit Pumpen und erfordert Strom. Schließlich wird es auch für den Antrieb anderer Technologien benötigt. Damit wird Strom zu einem wichtigen Bestandteil der sogenannten Wasserversorgung. Darüber hinaus werden bei der Wasseraufbereitung Chemikalien eingesetzt. Neben Strom und Chemikalien besteht Bedarf an Laborkontrolle und Technologiebetrieb (im Allgemeinen Personalressourcen, die nicht nur mit dem Betrieb der Technologie, sondern auch des Unternehmens als solchem verbunden sind). Die bedeutendste Wasserressource sind oft die Kosten, die mit der Erneuerung und Instandhaltung von Wasseranlagen verbunden sind. Jedes Gebäude und jede Technologie hat eine begrenzte Lebensdauer und aus jedem produzierten Kubikmeter ist es (gesetzlich) notwendig, Finanzmittel für deren Erneuerung zu generieren. In der Wassergebühr sind auch weitere Posten im Zusammenhang mit begleitenden Dienstleistungen, Wartung von Analysegeräten, Abfallentsorgung, Kosten für Ablesungen, Kalibrierung und Austausch von Wasserzählern, Verwaltung des gesamten Betriebs sowie ggf. Kosten im Zusammenhang mit etwaigen Krediten und Ähnlichem enthalten. Der Wasserpreis muss dann so hoch sein, dass genügend Mittel vorhanden sind, um alle Kosten zu decken. Auch der Wasserwerksbetreiber erwirtschaftet in der Regel Gewinn,

der die Hauptmotivation seiner Tätigkeit darstellt. Die Höhe des Gewinns ist stark reguliert und kontrolliert und darf 7 % nicht überschreiten, was im Vergleich zu anderen Bereichen ein sehr niedriger Wert ist.

1.2.5 Die Geschichte der Menschen

Wenn das Thema Menschen und Berufe in der Wasserwirtschaft angesprochen wird, denkt jeder Reiseteilnehmer wahrscheinlich an das Betriebspersonal, das die Kanäle kontrolliert (auch wenn es eigentlich nichts mit der Wasserwirtschaft als solche zu tun hat). Dieses Klischee und gleichzeitig das nachlassende Interesse an Berufen rund um das Wasser haben uns dazu bewogen, dieses Thema in die Tour aufzunehmen. Für diese Geschichten ist es nicht notwendig, eine separate Station zu reservieren, sondern diese Informationen nach und nach zu den Zeitpunkten zu vermitteln, an denen sie nützlich sind (bei der Vorstellung, beim Besuch des Betriebslabors oder des Kontrollraums). So können Sie die aufgeführten Berufe und Berufe erwähnen. Gleichzeitig muss man sagen, dass nicht überall der Berufsstand den gleichen Namen trägt bzw. der Umfang der ausgeübten Tätigkeit unterschiedlich sein kann.

? Frage: Auf welche Stellen (Menschen) könnte die Kläranlage nicht verzichten und warum?

💡 Antwort:

- **Betreiber einer Kläranlage** – eine Person, die sich um den normalen Betrieb der Anlage kümmert. Seine Aufgaben variieren je nach Einrichtung und Standort. Dabei geht es möglicherweise nur um das Nachfüllen von Chemikalien und die Wartung, aber zu den Aufgaben können (insbesondere bei kleinen Betrieben) auch chemische Analysen, Systemaufbau, Probenahme, kleinere Reparaturen und Anpassungen, das Mähen des Geländes um Gebäude herum und Ähnliches gehören.
- **Dispatcher** – in größeren Verarbeitungsbetrieben überwachen sie ununterbrochen den Betrieb und die Einstellungen der Verarbeitungsanlage. Sie arbeiten eng mit dem Technologen zusammen.
- **Vorarbeiter der Kläranlage** – bei größeren Betrieben; koordiniert Menschen, sorgt für Bestellungen und Materiallieferungen und kommuniziert eng insbesondere mit dem Kläranlagenbetreiber und dem Technologen.
- **Betriebsmonteure** – Netzwerkfunktionalität sicherstellen und Störungen beheben.
- **Probenehmer** – entnimmt Proben sowohl in der Kläranlage als auch im Wasserversorgungsnetz und bei Kunden.
- **Labortechniker** – verarbeitet Proben, entweder betriebsbereit oder akkreditiert.

Für Neugierige: Bei akkreditierten Laboren können Sie sicher sein, dass die angewandten Methoden, die statistische Verarbeitung, die Fehlerquoten und die Qualität der eingesetzten Chemikalien nicht nur den gesetzlichen Vorschriften, sondern auch der allgemein anerkannten Laborpraxis entsprechen; Dies wird von der Akkreditierungsinstitution regelmäßig und sehr streng kontrolliert.

- **Elektriker** – bietet Wartung und Reparatur von Elektrogeräten an.
- **Wassermanager** – bietet Verwaltung im Zusammenhang mit Wasserentnahmen, Kommunikation mit Behörden und Wassermanagementbilanzen.
- **Technologie** – ein sehr wichtiger Beruf. Dies ist eine Person, die für die Qualität des zugeführten Wassers verantwortlich ist. Zu seinen Kompetenzen und Aufgaben zählen die richtige Einstellung der technologischen Linie, die Bestimmung der richtigen Chemikaliendosierung, die Planung der Probenahme

und die Auswertung der Analyseergebnisse. Ein Technologe sollte ein ausgebildeter Chemiker sein (am besten direkt im Bereich „Wassertechnologie“, wobei diese Spezialisierung leider stark fehlt).

- **Kundenabteilung** – vermittelt die Kommunikation mit Kunden, Vertragsabschlüsse, Rechnungsstellung, Reklamationen, Kommentierung in Netzwerken und dergleichen.
- **Prävention** – in der Regel Fehlerbehebung – hier können Sie über die Fehlerbehebungsmethoden Ihres Unternehmens sprechen.
- **Andere Berufe** – Wasserwirtschaftsbetriebe können auch andere Mitarbeiter haben, die beispielsweise GIS, Investitionsplanung, Lagerung, technische Unterstützung und Fahrer bereitstellen.
- **Management** – Wie jedes Unternehmen müssen auch operative Wasserunternehmen über Manager, interne Prüfer, Personalabteilungen und andere damit verbundene Positionen verfügen.

? **Frage: Wie viele Menschen arbeiten hier?**

💡 **Antwort:**

Wahrscheinlich die häufigste Personalfrage, die Sie von Teilnehmern einer Exkursion bekommen können. Allerdings können wir Ihnen bei der Antwort nicht weiterhelfen und Sie müssen sich selbst (bei kleinen Gemeinden, wo Sie möglicherweise der einzige Mitarbeiter in der Wasserabteilung sind) oder Ihre Vorgesetzten (bei Betreibergesellschaften) fragen.

? **Frage: Was muss ich studieren, um hier arbeiten zu können?**

💡 **Antwort:**

Wenn Sie diese Frage erhalten, freuen wir uns sehr – denn eines der Nebenziele dieses Dokuments und des gesamten Projekts wurde erfüllt, nämlich bei den Teilnehmern der Exkursionen Interesse für das Studium wasserbaulicher Fachgebiete zu wecken. Wenn es sich um Trinkwassertechnologen handelt, können diese direkt an der Fakultät für Umweltschutztechnologie der Universität für Chemie und Technologie in Prag und an der Technischen Universität in Brünn studiert werden. Verwandte Fachgebiete finden sich auch an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karls-Universität in Prag, an der Tschechischen Universität für Biowissenschaften in Prag und an der Universität für Bergbau und Technologie in Ostrava. Es muss jedoch gesagt werden, dass diese Stelle allen wissenschaftlich und technisch ausgebildeten Bewerbern offensteht.

Wie bei anderen Berufen kommt es auf die konkrete Position an – die Position eines Laboranten ist mit einem Klempner-Ausbildungsnachweis nur schwer zu besetzen und umgekehrt. Bezüglich „Berufsberatung“ verweisen wir auf die Plattform Young Water Professionals Czech Republic (www.ywp.cz), die Wasserfachleute unter 35 Jahren zusammenbringt.

2 Eigener Ausflug

Eröffnungsworte

Es wäre eine gute Idee, zunächst mit den Kindern die Terminologie zu besprechen – die Wörter, die Sie häufig verwenden, um sicherzustellen, dass sie alles verstehen. Versuchen Sie, auf diese Weise eine kleine Kommunikation mit ihnen anzustoßen und ihre Interaktion zu steigern. Stellen Sie ihnen in Form von Fragen: Kennen sie dieses Wort und wie würden sie es beschreiben?

Gesundheit und Sicherheit während des Ausflugs

Eine kurze Arbeitssicherheitsschulung ist der erste obligatorische Teil jeder Exkursion. Für spezifische Inhalte verweisen wir auf Ihre unternehmensinternen Richtlinien oder auf ein separates Dokument aus einer Methodenreihe, das sich speziell der Arbeitsschutzschulung widmet. Bitte unterschätzen Sie diesen Teil nicht, auch wenn er überflüssig oder unnötig erscheinen mag.

Handlungsstrang

Ein guter Ausflug kann durch eine interessante und zielgerichtete Geschichte unterstützt werden. Die Handlung sollte fesselnd sein und die Teilnehmer durch die gesamte Exkursion führen. Nachdem Sie zuvor mit der pädagogischen Betreuung den Zweck der Exkursion besprochen haben, können Sie einen der von uns vorgeschlagenen Handlungsstränge auswählen oder einen eigenen erfinden. Sollten Sie sich jedoch dazu entschließen, unseres zu nutzen, verweisen wir Sie gerne auf das vorherige Kapitel sowie auf das Zusatzmaterial: Selbstexkursion – Übersicht (Anhang 2). Er könnte Ihnen die Arbeit erleichtern. Zusätzlich zu den Handlungssträngen präsentieren wir hier auch Aufgabenvorschläge für Kinder und an jeder Station eine Leitfrage, die Sie gemeinsam mit Ihren Kindern beantworten sollten.

Lokale Geschichte

Als thematische Einleitung in die Exkursion empfehlen wir, die Frage der Ortsgeschichte (aus Sicht der Trinkwasserversorgung) einzubeziehen, an die sich selbstverständlich weitere Interpretationsbereiche anschließen werden. Wenn Sie keine Informationen zu diesem Bereich haben, versuchen Sie, Vertreter der örtlichen Regierung oder leitende Mitarbeiter Ihrer Organisation zu kontaktieren. Zur grundsätzlichen Orientierung stellen wir fest, dass mit dem Bau der ersten Wasserleitungen in kleineren Gemeinden (bei denen wir eher von Informationsdefiziten ausgehen) zwischen 1910 und 1930 (bei Grenzgebieten) bzw. in den 1960er und 1970er Jahren im Rahmen der sogenannten Aktion Z begonnen wurde. Beide Baustile lassen sich gut voneinander unterscheiden, ebenso wie Bauten, die im Rahmen staatlicher Förderanreize bzw. der EU in den letzten Jahrzehnten umgesetzt wurden.

Grundschule: Aus pädagogischer Sicht ist eine Einbeziehung der Teilnehmer in die Datenexkursion nicht sinnvoll; eine Erörterung des ungefähren Zeitpunkts der Errichtung oder grundlegenderer baulicher oder technischer Umbauten ist völlig ausreichend. Anstelle von Datumsangaben empfehlen wir, die Formulierung „vor XX Jahren...“ zu verwenden und diese auf Generationen zu beziehen (z. B. „Der Bau des Wasserversorgungssystems in unserem Land begann zu der Zeit, als Ihre Eltern geboren wurden; Ihre Großeltern hatten daher noch kein Wasserversorgungssystem und mussten ihr gesamtes Wasser aus einem Brunnen beziehen“).

Es ist besser, die Geschichte in eine Geschichte zu „verpacken“, zum Beispiel: „...als die Stadt wuchs, mussten unsere Vorfahren mit dem Wassermangel klarkommen und beschlossen, diese Kläranlage zu bauen...“

Sekundarstufe: Ähnliche Angaben wie bei Grundschulern. Es ist möglich, auf historische, insbesondere lokalgeschichtliche Ereignisse mit einer ähnlichen Datierung wie die Wasserversorgung selbst hinzuweisen und diese Datierung nach Möglichkeit mit dem Zustand der Wasserversorgung (Material des Verteilungsnetzes, ggf. Technik) zu verknüpfen.

Neugierig: Wenn Sie sich im Rahmen Ihrer Weiterbildung oder Ihres tieferen Interesses eher für die Geschichte des Wasserversorgungssystems in einer bestimmten Ortschaft interessieren, empfehlen wir Ihnen, sich an die Ortschroniken (heutzutage sind sie meist digitalisiert) oder an das örtliche Landesbezirksarchiv zu wenden, insbesondere an die Bestände bestimmter Gemeinden (vor 1945) oder lokaler Nationalkomitees (nach 1945). Relevante Links finden Sie am Ende dieser Methodik im Kapitel „Links und andere Lehrmaterialien“. Einen grundlegenden Überblick über die Geschichte der Wasserversorgung in den meisten Regionen bietet das Buch Jaroslav Jásek: Wasserversorgung in Böhmen, Mähren und Schlesien.

? Frage: Und was machst/putzst du hier bei der Reinigung...?

💡 Antwort:

Leider kommt es in unserer Praxis immer wieder vor, dass der Laie den Unterschied nicht kennt bzw. Trinkwasseraufbereitungsanlagen und Abwasseraufbereitungsanlagen nicht kennt. Bei einer solchen Frage ist es daher angebracht, auf den diametralen Unterschied zwischen diesen beiden Gebäuden aufmerksam zu machen, nicht nur hinsichtlich des primären Zwecks, sondern auch hinsichtlich der Technologie.

2.1 Schlüsselfragen

- Frage: Ist Trinkwasser eine Selbstverständlichkeit?
- F: Was kann Wasser verunreinigen?
- F: Welche Rolle spielt die Reihenfolge der Technologien und was wird dadurch beseitigt?
- Frage: Welche Auswirkungen hätte es auf die Gesellschaft, wenn es im Netzwerk kein Reservoir gäbe?
- Frage: Kann die Wasseraufbereitung ohne kontinuierliche Kontrolle durchgeführt werden?
- F: Was passiert, wenn das Wasser die Grenzwerte nicht einhält?
- Frage: Jede Produktion hat ihre eigenen spezifischen Abfälle – was ist der Abfall aus der Wasserversorgung?
- Frage: Wie kann man Wasser sparen?

Wassersparen zu Hause ist eine großartige Möglichkeit, Kosten zu senken und gleichzeitig die Umwelt zu schonen. Ein paar Tipps für Teilnehmer:

- Duschen, statt ein Vollbad zu nehmen
- Stellen Sie sicher, dass Sie zu Hause über eine Zwei-Phasen-Spülung verfügen (zwei unterschiedliche Wassermengen).
- Benutzen Sie zu Hause die Spülmaschine, anstatt das Geschirr zu spülen (voll laufen lassen!)
- Kaufen Sie energiesparende Geräte (berücksichtigen Sie bei der Auswahl den Wasserverbrauch)
- Überprüfen und reparieren Sie Wasserhähne und Toiletten regelmäßig auf Undichtigkeiten
- Sammeln Sie Regenwasser und nutzen Sie es beispielsweise zum Gießen oder bringen Sie es mit nach Hause, um die Toiletten zu spülen
- Stellen Sie beim Zähneputzen das Wasser ab
- Lassen Sie beim Geschirrspülen das Wasser nicht leer laufen
- Erfahren Sie mehr über den Wasser-Fußabdruck und die Auswirkungen unseres Verhaltens

2.2 Wasserqualität

Der gesamte Prozess der Wasseraufbereitungstechnik besteht eigentlich nichts anderes darin, unerwünschte Stoffe aus dem Wasser zu entfernen. Ist das Wasser rostig oder riecht es stark nach Chlor, wird der Verbraucher dies sofort erkennen und sein Vertrauen in Leitungswasser sinken; und wir erwähnen noch nicht einmal die rechtlichen Aspekte – kurz gesagt, die Betreiber müssen sehr sorgfältig auf die Qualität des gelieferten Wassers achten.

? Frage: Was sind die grundlegenden Eigenschaften von Wasser?

💡 Antwort:

pH-Wert – vielleicht der erste Parameter, der den Teilnehmern (Gymnasiasten) in den Sinn kommt; de facto ist es der Säuregehalt des Wassers (korrekt ist es der negative Logarithmus der Aktivität von Oxoniumionen). Trinkwasser kann leicht sauer bis leicht alkalisch sein, wobei der spezifische Wert von den Eigenschaften des Rohwassers und von den notwendigen Änderungen während der Aufbereitungstechnologie abhängt (jeder technologische Schritt erfordert unterschiedliche Bedingungen).

Härte – dieser Begriff ist wahrscheinlich verwirrend – wie hart kann Wasser sein? Es ist allerdings eine Flüssigkeit. Die Wasserhärte ist nichts anderes als der Gehalt an Kalzium und Magnesium im Wasser. Dies ist ein in der Laienöffentlichkeit viel diskutiertes Thema und zwei Interessen geraten in Konflikt. Härteres Wasser (also Wasser mit einem hohen Gehalt an Kalzium und Magnesium) ist schmackhafter und versorgt den Körper mit wichtigen Elementen. Andererseits verkalken solche Wasserablagerungen in Wasserkochern, Waschmaschinen und Boilern und führen so zu Problemen in diesen Geräten.

Geruch – Geruch beeinträchtigt das Wasser, auch wenn es ansonsten zum Trinken geeignet ist; Es ist wahrscheinlich auch das Erste, was der Verbraucher erkennt. In der Praxis trifft man am häufigsten auf einen Chlorgeruch (bei pH 7 liegt der Grenzwert bei 0,156 mg/l), der meist durch höhere Hypochloritdosen bei schlechterer Rohwasserqualität oder bei der Desinfektion von Leitungen nach einer Störung verursacht wird. Jeder Verbraucher nimmt Geruch und Geschmack anders wahr (siehe unten).

Geschmack – Geschmack ist ebenso wie der Geruch ein Parameter, den jeder Verbraucher als Referenzwert für die Qualität von Wasser annimmt, auch wenn das Wasser beispielsweise trotz schlechterem Geschmack der Verordnung entspricht. In der Praxis kann man vor allem auf einen Eisengeschmack stoßen, der jedoch nicht unbedingt auf eine mangelhafte Behandlung zurückzuführen ist, sondern auf eine mangelhafte Verkabelung im Haus, gegen die der Betreiber der Kläranlage nichts

unternehmen kann. Der Geschmack von Wasser wird vor allem von der Konzentration an Kalzium und Magnesium (de facto, also der Härte), möglicherweise auch vom pH-Wert beeinflusst.

Trübung – gibt Aufschluss über die Menge an ungelösten Stoffen im Wasser.

Leitfähigkeit – gibt uns Auskunft über den Ionengehalt im Wasser (je mehr Ionen, desto höher die Leitfähigkeit). Es allein gibt jedoch keinen Aufschluss darüber, ob das Wasser trinkbar ist. Wasser mit hohem Ionengehalt (Mineralgehalt) ist nicht zum dauerhaften Trinken geeignet.

? Frage: Was bedeutet es, dass Wasser trinkbar ist?

💡 Antwort:

Das erste, was Schülern wahrscheinlich in den Sinn kommt, ist, dass Wasser farblos/transparent ist. Allerdings ist die Farbe ein eigenständiger Parameter und sagt nichts über den Gehalt beispielsweise an Nitraten oder Pestizidstoffen, also auf den ersten Blick unsichtbaren Stoffen, aus.

Die europäische Gesetzgebung erkennt den Begriff Trinkwasser derzeit nicht an – er wurde durch den Begriff „Wasser für den menschlichen Gebrauch“ ersetzt und wird definiert als „Wasser, das gesundheitlich unbedenklich ist, das auch bei dauerhaftem Verzehr durch das Vorhandensein von Mikroorganismen oder Stoffen, die die Gesundheit natürlicher Personen und ihrer Nachkommen durch akute, chronische oder späte Wirkungen beeinträchtigen, keine Krankheiten oder Gesundheitsstörungen verursacht, dessen sensorische Eigenschaften und Qualität seinem Verzehr und seiner Verwendung für die Hygienebedürfnisse natürlicher Personen nicht entgegenstehen“.

Für Neugierige: Grenzwerte für Trinkwasser sind im Dekret Nr. 252/2004 Slg. festgelegt. „Erlass zur Festlegung hygienischer Anforderungen an Trink- und Warmwasser sowie der Häufigkeit und des Umfangs der Trinkwasserkontrolle“, der im Laufe seines Bestehens (bis 2026) acht Änderungen erfahren hat (hauptsächlich Ergänzung weiterer Parameter). Die radiologischen Parameter sind jedoch in der Verordnung Nr. 422/2016 Slg. definiert. „Erlass zum Strahlenschutz und zur Sicherheit von Radionuklidquellen“.

Diese Gesetzgebung unterscheidet unter anderem zwischen drei Grenzwerten – den sogenannten DH, MH und NMH. Richtwerte (DH) gelten beispielsweise für die Wasserhärte, wobei deren Einhaltung nicht zwingend vorgeschrieben ist. Schwellenwerte (MH) geben Grenzwerte an, deren Überschreitung angegangen werden muss, aber kein akutes Gesundheitsrisiko darstellen (z. B. Mangan oder Eisen); Die dritte Art ist der höchste Grenzwert (NMH). Bei Überschreitung wird das Wasser automatisch als nicht zum Verzehr geeignet markiert und es müssen sofort Korrekturmaßnahmen ergriffen werden.

Jeder Kunde hat das Recht, die Qualität des von ihm verbrauchten Wassers zu erfahren. Sofern der Wasserversorger diese nicht auf der Website veröffentlicht, kann der Kunde ihn kontaktieren und der Lieferant ist zur Bereitstellung der Informationen verpflichtet. Ebenso hat der Kunde das Recht, einen Teil des sogenannten Risikobewertungs- und Managementdokuments einzusehen, in dem alle Risiken der jeweiligen Wasserversorgung ersichtlich sind (unabhängig von der Qualität oder Menge des gelieferten Wassers).

? **Frage: Was bedeutet es, dass es sich bei dem Wasser um Babywasser handelt?**

💡 **Antwort:**

Aus eigener Erfahrung müssen wir sagen, dass ein sehr häufiges Argument von Bewohnern, die dem Leitungswasser misstrauen, darin besteht, dass ihr Brunnenwasser kindisch sei. Dieser Begriff wurde vor allem durch die Vermarktung von Flaschenwasser-Vertriebsunternehmen verbreitet. Für diese Art von Wasser gelten zwar andere Grenzwerte, vor allem in Bezug auf die Parameter Nitrate, Nitrite, Leitfähigkeit (praktisch der Gehalt an gelösten Stoffen) und Natrium, aber meist erfüllt Brunnenwasser diese Bedingungen nicht wirklich, auch wenn man das vermutet.

? **Frage: Wie oft muss Trinkwasser analysiert werden?**

💡 **Antwort:**

Hier lässt sich im Voraus nicht sagen, wie hoch die Trinkgelder der Ausflugsteilnehmer sein werden. Die Häufigkeit der Probenahmen wird durch die Verordnung festgelegt und reicht von einer Probe pro Jahr für kleine Kläranlagen bis zu mehreren Proben pro Monat für größere Kläranlagen (ermitteln Sie vor der Exkursion die Häufigkeit der Proben in Ihrem Wasserversorgungssystem und tragen Sie sie in die Tabelle im Anhang dieser Methodik ein). Zusätzlich zu diesen gesetzlich vorgeschriebenen Analysen (die an Hygienestationen gemeldet werden) gibt es in den meisten Betrieben auch sogenannte Betriebsanalysen, die für bestimmte interessierende Parameter (typischerweise Chlor, pH-Wert, Mangan oder Eisen) durchgeführt werden. Wenn diese Häufigkeit den Teilnehmern als gering erscheint, versuchen Sie, eine ergänzende Frage dazu zu stellen, wie oft sie Analysen aus ihrem eigenen Brunnen zu Hause durchführen.

2.3 Rohwasserquelle

Grundlage der Trinkwasserversorgung ist natürlich die Rohwasserquelle, wobei Rohwasser Oberflächenwasser (Gewässer/Reservoir) oder Grundwasser (tiefe oder flache Zirkulation) sein kann.

Bereiten Sie für die Exkursion grundsätzliche Informationen über die Qualität des Wassers im Vergleich zu Trinkwasser vor, d. h., dass das Wasser beispielsweise zu hohe Mengen an Eisen, Mangan oder Nickel aufweist oder hinsichtlich der mikrobiologischen Parameter eine unbefriedigende Qualität aufweist. Auf diese Weise begründen Sie tatsächlich die Existenz der gesamten Wasseraufbereitung und die Teilnehmer der Exkursion können sich besser vorstellen, warum die einzelnen Schritte in der Technologie enthalten sind.

Wir wissen, dass die Rohwasserquelle in vielen Fällen weit von der Wasseraufbereitungsanlage entfernt liegt und keine Zeit zur Verfügung steht, die Quelle im Rahmen einer Exkursion zu besichtigen. In diesem Fall empfehlen wir, mehrere Fotos der Ressource in ausreichender Qualität und Größe auszudrucken, damit die Teilnehmer auch diesen technologischen Teil sehen können. Aber wenn es möglich wäre, wäre es auf jeden Fall besser, es mit den Kindern zu besuchen.

SŠ: Man kann auf die architektonische Dimension der Quelle verweisen (vor allem bei unterirdischen Quellen) – in den Grenzbereichen trifft man auf Quellen aus Ziegelsteinen vom Anfang des letzten Jahrhunderts, die integrierte technische Einrichtungen wie Lüftungskaskaden enthalten, während im Landesinneren eher Betonringe aus den 1970er Jahren anzutreffen sind, die oft im Rahmen der Aktion Z gebaut wurden.

Vergessen Sie nicht zu erwähnen, dass es ein striktes Zutrittsverbot für Menschen in der Nähe von Wasserquellen gibt, natürlich auch das Verbot der Müllentsorgung und des unbefugten Umgangs mit den Quellen selbst. Dies gefährdet nicht nur die Gesundheit des Menschen selbst, sondern aller Verbraucher des jeweiligen Wasserversorgungsnetzes. Mehr zum Thema Wasserschutzzone finden Sie in den Begleitmaterialien des Projekts.

SŠ: Eine erhöhte Rohwasserquelle mitten auf einem Feld ist nicht der richtige Ort für den abendlichen Konsum alkoholischer Getränke mit Freunden, wie wir in einem namenlosen Dorf in der Region Pilsen beobachten konnten, und die Lücke in den Betonringen dient sicherlich nicht als Mülleimer.

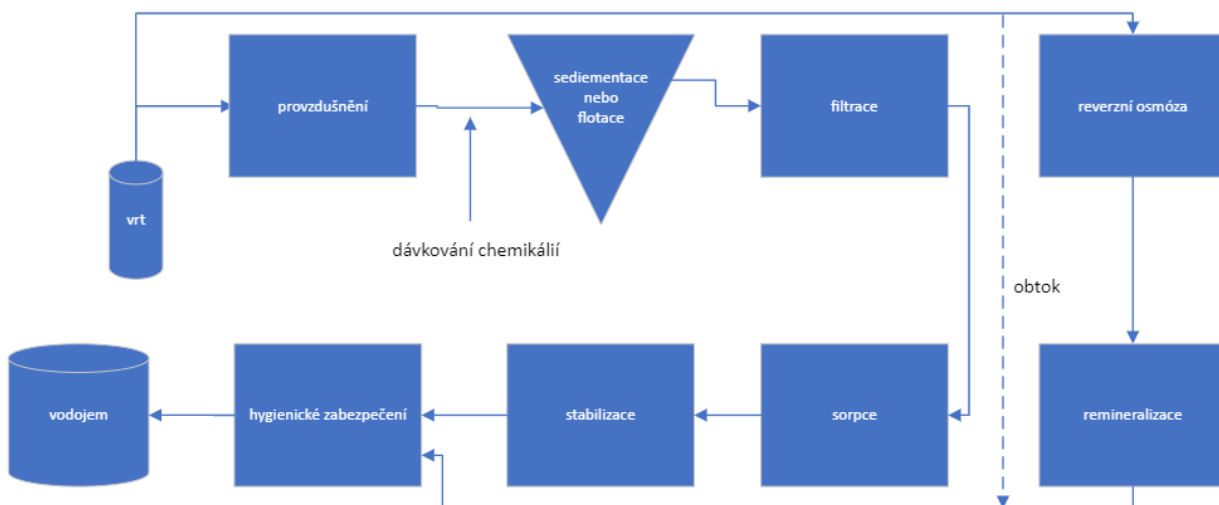
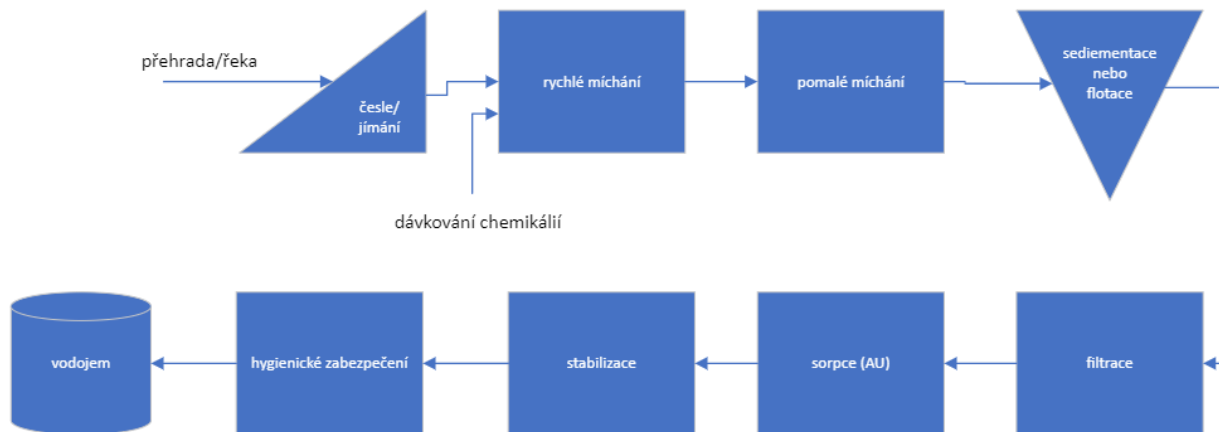
Am Ende dieses Beitrags ist es angebracht, auf die Entfernung der Quelle von der Kläranlage, das Material der Rohrverbindung (die Gründe für die Angabe des Materials werden in dieser Methodik im Kapitel über das Verteilungswassernetz genannt) und die Transportart (Schwerkraft-/Druckleitung) hinzuweisen.

2.4 Beschreibung der Technologie

So unterschiedlich die Qualität der Rohwasserquelle ist, so unterschiedlich muss auch die eingesetzte Technologie sein. Es gibt kein universelles Technologieschema, das wir hier vorstellen könnten, und deshalb haben wir uns entschieden, uns mehr auf die Technologietypen zu konzentrieren und daraus eine Art Module zu erstellen, aus denen Sie Informationen für Ihre eigene Modifikationswerkstatt zusammenstellen können.

Generell lässt sich jedoch sagen, dass Grundwasser eine deutlich bessere Qualität aufweist als eine oberirdische Quelle und die Aufbereitung in der Regel, wenn überhaupt, über maximal 2 Trennstufen verfügt. Darüber hinaus gibt es bestimmte Eigenschaften für das Grundwasser. Grundwasser ist im Vergleich zu Oberflächenwasser eine chemisch sehr stabile Quelle (hinsichtlich Stoffgehalt und physikalischen Eigenschaften des Wassers). Einer der typischen ist der Kohlendioxidgehalt, der im Grundwasser wesentlich höher ist als im Oberflächenwasser. Ein weiteres Gas, das üblicherweise im Grundwasser gelöst ist, ist Radon oder Sulfan. Gase können mithilfe einer Technologie namens Belüftung entfernt werden. Bei den Metallen ist ein höherer Gehalt an Eisen und Mangan üblich. Im Gegensatz zu Mangan wird Eisen leichter oxidiert, wenn ein Teil bereits während der Belüftung selbst oxidiert wird. Der verbleibende Teil wird üblicherweise in der ersten Trennstufe entfernt, bei der es sich in der Regel um offene Filter oder Druckfilter handelt. Die Befüllung der Filter kann je nach Kläranlage unterschiedlich sein. Das Oxidationsmittel ist beispielsweise Natriumhypochlorit, und anschließend erfolgt ein zweiter Trennprozess, bei dem das Mangan entfernt werden soll. Hierzu wird das stärkere Oxidationsmittel Kaliumpermanganat verwendet. Auch mit Manganoxid imprägnierter Sand (Burel) kann zur Entfernung beitragen. Nicht selten kommt es beispielsweise zu einer erhöhten Menge an Nickel, für dessen Entfernung deutlich höhere pH-Werte erforderlich sind. Das Bodenmilieu und der niedrige pH-Wert des Wassers führen zur Auswaschung von Gesteinen, was auch zu einem höheren Mineralgehalt im Wasser führt. Das ist tendenziell positiv, aber auch übermäßig mineralisiertes Wasser ist unerwünscht. Darüber hinaus können andere Stoffe wie Arsen ausgelaugt werden. Alles wird von der Felsumgebung beeinflusst.

- a) Beispiel einer technologischen Linie – Diagramm und Beispiel einer möglichen Exkursion (Oberfläche / Untergrund)



Rohwasser enthält sehr häufig Stoffe, die gesundheitsschädlich sind, für den dauerhaften Verzehr ungeeignet sind oder technische Geräte (Geschirrspüler, Waschmaschinen, Rohre etc.) schädigen. Auch ansonsten unbedenkliche Stoffe, die sich sensorisch (Farbe, Geschmack, Geruch) bemerkbar machen, können für den Verbraucher unannehmbar sein und müssen ebenfalls entfernt werden. Hier können Sie Besucher fragen, ob bedenkliche Substanzen sie angreifen oder warum sie für den Verzehr ungeeignet sind – Informationen zu bestimmten Substanzen und ihren negativen Auswirkungen finden Sie einige Unterabschnitte weiter unten.

Um im Wasser unerwünschte Stoffe zu entfernen, können wir unterschiedliche Strategien anwenden:

- **Sedimentation (für gut sedimentierbare Feststoffe mit hoher Dichte – z. B. Sand)**
- **Filtration (bei ungelösten Stoffen wandeln wir gelöste Stoffe in ungelöste Stoffe um, die dann durch Filtration entfernt werden können; das Filtermaterial ist meist silikatischer Wasserwerkssand)**
- **Entlüftung (für Gase – zum Beispiel Kohlendioxid oder Radon)**

- Wenn wir die Umwandlung gelöster Stoffe in ungelöste Stoffe nicht nutzen können, können wir Ionenaustausch (Ionenaustauscher) oder Sorption (z. B. Aktivkohle) nutzen.
- Auch biochemische Stoffumwandlungen mit Hilfe von Bakterien können genutzt werden, dies wird heute jedoch nur noch selten genutzt, da zuverlässigere Technologien verfügbar sind. Früher war dies eine relativ verbreitete Methode der Wasseraufbereitung, sogenannte Langsamfilter. Derzeit beginnt sich diese Technologie jedoch im Ausland wieder zu entwickeln, wenn auch in einer völlig anderen technologischen Ausgestaltung.
- **Hygieneschutz (für Mikroorganismen; typischerweise der Einsatz von Natriumhypochlorit, also SAVA; alternativ können jedoch auch Ozon, UV-Lampe, Chlordioxid etc. eingesetzt werden)**



Man kann sich mit den Kindern darüber lustig machen, welche Substanzen sich leicht entfernen lassen und welche uns andererseits das Leben zur Hölle machen. Beziehen Sie sie in die Probleme ein, mit denen jeder Kläranlagenbetreiber konfrontiert ist. Was denken die Teilnehmer: Ist es technologisch einfacher, einen gelösten oder ungelösten Stoff aus Wasser zu entfernen? Beschweren Sie sich darüber, was für Monster Mikroorganismen sind und wie sie sich in unserem Wasser immer wieder vermehren, wenn wir ihnen Raum dafür geben. Aber vergessen Sie nicht zu erwähnen, dass viele Mikroorganismen völlig harmlos und natürlich vorkommen. Leider gibt es unter den guten auch schädliche Krankheitserreger.

Wie bereits in der Einleitung dieser Methodik erwähnt, wird dieser Schritt aufgrund der Vielzahl möglicher technologischer Lösungen einzelner Kläranlagen sog. modular gelöst. Im nächsten Kapitel finden Sie Beschreibungen zu einzelnen Technologiestufen, die Sie bitte zur Beschreibung Ihrer Wasseraufbereitungsanlage kombinieren. Einzelne Module sind voneinander unabhängig. Bei der Exkursion ist es wichtig hervorzuheben, was in welcher Phase passiert, warum und in welcher Reihenfolge die Schritte sind (hier wird beispielsweise Permanganat dosiert, um gelöste Stoffe zu oxidieren, die dann auf einem Filter abgetrennt werden).

? **Frage: Wie lange dauert die Aufbereitung des Wassers?**

💡 **Antwort:**

Hier schlagen wir dem Beispiel von Standa Pekárka folgend vor, die Frage mit einer Gegenfrage zu beantworten: Von wie viel Wasser reden wir? Die allgemeine Antwort auf diese Frage ist sehr individuell und hängt von Ihrer Technologie ab (z. B. ob Sie langsamere Einheiten vom Typ Sedimentation einbezogen haben). Bereiten Sie daher eine Antwort auf eine solche Frage individuell basierend auf Ihrer Technologie vor.

? **Frage: Was ist mit Mikroplastik?**

💡 **Antwort:**

Das Thema Mikroplastik nicht nur in der Umwelt, sondern auch im Trinkwasser wurde vor einigen Jahren viel diskutiert, da es mit praktisch allem ins Wasser gelangt – von Flaschenwasser und Shampoos über das Waschen von Jacken bis hin zum Abwischen von Oberflächen. Leider sind Technologien, die den Eintrag von Mikroplastik ins Trinkwasser vollständig verhindern könnten, noch nicht weit verbreitet; Mit der aktuellen Technologie kann nur ein Bruchteil entfernt werden.

? **Frage: Was ist mit Hormonen / Pestiziden / Medikamenten / anderen bioaktiven Molekülen? Wasser?**

💡 **Antwort:**

Ebenso wie Mikroplastik sind auch bioaktive Moleküle im Wasser vorhanden – mithilfe der Analyse von Abwässern aus Städten können beispielsweise Informationen über die Anzahl der Anwenderinnen von hormonellen Verhütungsmitteln, Anwenderinnen dieses oder jenes Arzneimittels, am Coronavirus erkrankte Menschen und dergleichen gewonnen werden. In den meisten Fällen werden diese Moleküle in der Kläranlage nicht entfernt und gelangen somit nicht nur in die Umwelt, sondern auch ins Trinkwasser. In jüngster Zeit werden jedoch auch in größeren Wasseraufbereitungsanlagen Technologiezubehörteile (typischerweise UV-Lampen in Kombination mit fortschrittlichen Oxidationsmethoden (sog. AOP) mit Aktivkohlefiltern) installiert, die diese unerwünschten Stoffe ebenfalls aus dem Wasser entfernen.

? Frage: Ich habe gehört, dass Fluorid ins Wasser geschüttet wird. Ist es wahr?

💡 Antwort:

Ist, oder es war wahr. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden dem Wasser Fluorverbindungen zugesetzt (z. B. Kryolith; die sogenannte Wasserfluoridierung), um den Verbrauchern eine ausreichende Fluoridosis zuzuführen – Fluor ist ein wesentlicher Bestandteil beispielsweise des Zahnschmelzes. In den 1990er Jahren wurde diese Praxis jedoch vor allem aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben. Heute wird die Wasserfluoridierung beispielsweise in Großbritannien wieder eingeführt.

2.5 Wassernetz

Allein die Pipeline kann in einem kleinen Dorf mehrere Kilometer lang sein; Die Gesamtlänge der Netze in der Tschechischen Republik betrug im Jahr 2022 82.034 Kilometer (ca. ein Fünftel der Entfernung zwischen Erde und Mond).

Sekundarschule: Sogenanntes Rohrnetz kann verzweigt, im Kreis oder kombiniert angeschlossen werden (die letzten beiden Methoden haben den Vorteil, dass eine Störung nicht beispielsweise den gesamten Stadtteil von der Versorgung abschaltet, da eine Versorgung aus einer anderen Richtung möglich ist). Wir können Wasserversorgungssysteme auch nach der Größe des versorgten Gebiets unterscheiden in lokale (versorgt nur eine Gemeinde), Gruppen (mehrere Gemeinden oder vielleicht eine städtische Agglomeration) und regionale (enthält nicht nur Wasserversorgungssysteme, sondern auch mehrere Wasseraufbereitungsanlagen, die sich beispielsweise bei Stillständen oder Störungen gegenseitig helfen können).

Das Material des Wasserversorgungsnetzes hat einen wesentlichen Einfluss auf dessen Betrieb und kann im Extremfall nicht nur Auswirkungen auf Wasserverluste im Netz durch Leckagen, sondern auch auf die Qualität haben. Abhängig von der Bauzeit können wir auf folgende Materialien stoßen: Gusseisen, Stahl (einschließlich Edelstahl und verzinkte Teile), Kunststoff (typischerweise PVC – Polyvinylchlorid, PP – Polypropylen, Glasfaser, HDPE – Polyethylen), Stahlbeton, Kupfer, Messing (hauptsächlich Kupplungen und andere kleinere Komponenten), Glas, Asbestzement, Glasbeton oder Blei (die letzten drei Materialien werden aufgrund gesundheitlicher oder technischer Risiken so weit wie möglich ersetzt).

SŠ: Warum ist Asbest nicht nur in der Wasserwirtschaft ein Problem, sondern beispielsweise auch in der Bauindustrie bei der Sanierung älterer Gebäude? Bei Asbest handelt es sich um faserförmige Silikate, die unter anderem wegen ihrer nicht brennbaren Beschaffenheit eingesetzt wurden. Wenn die Struktur jedoch

zerstört wird (z. B. bei Reparaturen und Abrissarbeiten), dringen kleine Fasern in die Lunge ein, wo sie zu einer Vernarbung der Lungenbläschen und möglicherweise zur Entstehung von Krebs führen.

SŠ: Ein weiteres interessantes Material, das (wenn auch sehr selten) anzutreffen ist, ist Glasbeton. Dieses Material wurde nach dem Zweiten Weltkrieg verwendet, als Eisenmangel für den Wassersektor herrschte; im Gegenteil, vor allem in den Grenzbereichen gab es reichlich Glas. Dabei handelt es sich um Glasrohre, die in Beton eingebettet sind.

Die Verweildauer des Wassers in den Leitungen ist keineswegs unerheblich und kann bis zu höheren Einheiten von Tagen betragen (im Extremfall bis zu 14 Tage). Dies muss bei der Dosierung des Desinfektionsmittels (meistens Chlor) beachtet werden; Daher können Häuser in der Nähe der Kläranlage/des Waschbeckens viel mehr Chlor riechen als die am weitesten entfernten Sammelstellen. Die Frage der Desinfektion und des allgemeinen Hygieneschutzes des Wassers im Verteilungsnetz (typischerweise mit Hypochlorit) ist Teil des Kapitels, das den einzelnen technologischen Einheiten des Kläranlagensystems gewidmet ist.

Damit das Wasser nach dem Öffnen des Wasserhahns fließen kann, muss in der Leitung Druck erzeugt werden (was man schließlich zum Beispiel in Filmen sehen kann, wenn bei einem Rohrbruch ein Geysir entsteht oder wenn ein Schlauch an einen Hydranten angeschlossen wird). Dies kann entweder durch automatische Druckstationen im Netzwerk realisiert werden oder durch die Platzierung des Reservoirs an einer erhöhten Stelle in der Nähe (oder auf einem Turm), so dass der Druck an allen Punkten des Netzwerks ausreicht (die sogenannte Druckzone). Haben Sie sich jemals gefragt, wie Wolkenkratzer mit Wasser versorgt werden?

ZŠ: Es hat keinen Sinn, alle Punkte zu erklären. Es ist wichtig zu erwähnen, dass man auch für die Entnahme von Wasser aus der Natur bezahlen muss, was ihnen oft nicht bewusst ist. Erwähnen Sie auch Elemente wie Strom, Mitarbeiterlöhne, Chemikalien und Eigentumssanierung.

Sekundarschule: Hier ist es möglich, breiter zu diskutieren, zum Beispiel zu fragen, wie viel ein m³ Wasser kostet (entweder kann es sich um eine Hausaufgabe handeln, oder Sie können den Orientierungsgrad der Schüler in Finanzkompetenz durch Raten herausfinden), wie hoch die monatlichen Kosten für Wasser sind und diese mit den Kosten für Strom, Telefon und Netflix vergleichen (siehe Tabelle unten, die Sie verwenden können oder nicht); Vergleichen Sie gleichzeitig die Kosten für Leitungswasser und Flaschenwasser (siehe erstes Kapitel dieses Dokuments).

Neugierig: Aufgrund der sich ständig ändernden Preise (und der Inflation, mit der das Land zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Dokuments zu kämpfen hat) ist es sehr schwierig, eine Vergleichstabelle der Wasserpreise und anderer Dienstleistungen oder Leistungen zu erstellen. Andererseits ist es nicht erforderlich, einen absolut genauen Vergleich zu haben, sondern lediglich eine Art Orientierungshilfe; In der folgenden Tabelle werden daher die einzelnen monatlichen Ausgaben anhand von Vielfachen verglichen, wobei 1 = monatliche Zahlung für Wasser (angesetzter durchschnittlicher Verbrauch in der

Tschechischen Republik von 89,4 l/Person/Tag, d. h. 2,7 m³/Person/Monat mit einem Durchschnittspreis in der Tschechischen Republik von 100 CZK/m³):

2.5.1 Wasserzähler

Natürlich sind Wasserzähler für Wasseranschlüsse unerlässlich. Wir bewerten es als sehr hilfreich, wenn Sie im Rahmen der Exkursion auch ein so gängiges Gerät wie einen Wasserzähler erklären und veranschaulichen oder auch Methoden der Fernablesung erwähnen. Die Teilnehmer der Exkursion werden ihn wahrscheinlich zum ersten Mal in ihrem Leben sehen. Hier empfiehlt es sich zu erwähnen, wie man den Wasserzähler zu Hause (besonders im Winter) pflegen sollte.

SŠ: Derzeit gibt es Wasserzähler im Testbetrieb, die beispielsweise einmal pro Stunde automatisch Werte an das System des Betreibers melden und so ist es möglich, die Produktion besser zu organisieren (in Form von maschinellem Lernen auf einem digitalen Zwilling) oder Leckagen zu erkennen und so Geld und natürliche Ressourcen zu schonen.

Etwas, das der Laienöffentlichkeit wenig bekannt ist, ist der Wasserverlust beim Pipelinetransport – in der Tschechischen Republik betragen diese Verluste durchschnittlich 15 % (d. h. 1 Liter von etwa 6 Litern aufbereitetem Wasser fließt unbekannt in den Boden), während dieser Wert in einigen Extremen (im Ausland) bis zu 80 % erreichen kann. Der weltweite Durchschnitt liegt bei etwa 40 %. Eine Neuheit, die helfen kann, Wasserverluste zu erkennen, sind Wasserzähler mit akustischer Geräuschmessung. Ein Riss im Rohr verursacht ein gewisses Geräusch, das das Auffinden erleichtert.

Wasserverluste unter 5 % können als äußerst gering angesehen werden und ihre weitere Reduzierung ist sehr schwierig. Hier kommen wir in den Bereich der Ungenauigkeit bei der Messung des Durchflusses und der Wassermenge. Gleichzeitig tragen auch sehr kleine Lecks oder Undichtigkeiten an den Verbindungen von Rohren und Armaturen, die praktisch nicht gemessen und lokalisiert werden können, zu Wasserverlusten auf der Ebene niedrigerer Prozenteinheiten bei.

3 Beschreibung der Technologien

Grundlegende Informationen zu Technologien – Fakten und Wissenswertes, die Ihren eigenen Ausflug ausmachen.

Wie oben bereits mehrfach geschrieben, ist der folgende Teil der Methodik modular aufgebaut und die einzelnen Teile folgen nicht aufeinander; Bitte wählen Sie die für Sie relevanten Technologieeinheiten aus und stellen Sie daraus Ihr eigenes Exkursionsprogramm zusammen. Obwohl wir versucht haben, alle in den tschechischen Ländern gängigen Technologien einzubeziehen, ist es möglich, dass wir einige übersehen haben. Bitten Sie in diesem Fall bitte den Techniker/Fachvertreter, eine Beschreibung zu erstellen, die den Beschreibungen hier ähnelt.

SŠ: *Was in der Tschechischen Republik derzeit im Zusammenhang mit Technologien und der Sicherheit von Wasserversorgungsprozessen in den Vordergrund rückt, ist die Cybersicherheit. Es gab bereits mehrere Terroranschläge (im Ausland), bei denen beispielsweise die Dosierung von Chemikalien geändert oder die Wasserversorgung des Netzes aufgrund eines Hackerangriffs unterbrochen wurde. Obwohl es wie eine Kleinigkeit erscheint, bedeutet eine Erhöhung des pH-Werts des Wassers auf 11 eine ätzende Schädigung des Verdauungssystems.*

Neugierig: *Um die Aufmerksamkeit zu erhöhen, können Sie auf der Wikipedia-Seite „Terrorismus gegen Trinkwasserversorgungsinfrastruktur“ einige Fälle auswählen (oder auf der englischen Version derselben Seite) und diese an geeigneter Stelle in Ihrer Interpretation erwähnen. Die sogenannten True-Crime-Geschichten erfreuen sich bei der heutigen Jugend großer Beliebtheit und werden Ihnen auf jeden Fall Pluspunkte einbringen.*

3.1 Meißel

Bedeutung

Schutz vor dem Eindringen von Schmutz, mechanischer Beschädigung der Pumpausrüstung und Verstopfung von Rohrleitungen

Prinzip

Eine mechanische Barriere, die Material auf seiner Oberfläche einfängt

Erfasstes Material

Grober und feiner Schmutz (abhängig vom Abstand der einzelnen Kämme)
z.B. Zweige, Zapfen, Blätter, Fische, Frösche

Teil der Aufnahmeeinrichtung für Oberflächenwasser (dieser technologische Schritt ist für Grundwasser nicht erforderlich, da die Art der Quelle das Vorhandensein so großer Teile nicht voraussetzt). Die Ausrüstung muss für eine einfache Reinigung geeignet sein. In kleinen Verarbeitungsbetrieben erfolgt diese Reinigung manuell mit einem Lappen. Bei größeren Betrieben verfügen die Kämme über eine kontinuierliche mechanische Abstreifung.

ZS: *Kinder können sich einen Kamm als Gitter oder Kamm vorstellen. Wie Kämme können Kämme fein sein, mit einer hohen Dichte an Zähnen (Kämme, die sehr nahe beieinander liegen), mittel und grob, deren Zähne weit auseinander liegen. Stellen Sie mit den Kindern zusammen, was wir auf dem Kamm schweben lassen können (Beispiele finden Sie im oben erfassten Material). Kinder werden zweifellos kreativ sein. Die mechanischen Kämme können näher an die Rolltreppen herangeführt werden, die den Schmutz nach oben befördern, bis der Schmutz im Behälter landet. Da das Rohwasser bei weitem nicht so verschmutzt ist, werden die Abfälle aus den Waben in der Regel nur höchstens ein paar Mal im Jahr exportiert.*

Fragen Sie dann, warum ihrer Meinung nach Kämme in der Kläranlage überhaupt nötig sind (Schutz vor Verstopfung, Beschädigung wichtiger Geräte).

Sekundarschule: *Für Oberstufenschüler können Sie sich mit eher technischen Fragen befassen, z. B. mit dem Abstand zwischen den Waben (und den Lücken zwischen ihnen) usw.*

Neugierig: *In einer westböhmischen Wasseraufbereitungsanlage gibt es eine technologische Stufe „Fischfänger“, bei der es den Anschein hat, als hätte sie den gleichen Grund für die Einbeziehung wie Kämme. Die Wahrheit ist jedoch, dass sich der Fischfänger hinter dem Pumpensystem befindet und die gehackten Fischreste im Auffangbehälter (wie der korrekte Name klingt) nichts zu fangen hätten.*

3.2 Belüftung

Bedeutung	Ablassen von Gasen (z. B. Radon, Sulfan, freies CO ₂ ,...) Mechanische Entfernung von Kohlendioxid – Entsäuerung des Wassers und dadurch Reduzierung der korrosiven Wirkung des Wassers Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff – Oxidationsreaktion (Eisenerntfernung)
Prinzip	Wasser mit Luft mischen. Durch eine Vergrößerung der Oberfläche der Wasser-Luft-Grenzfläche wird der Gasaustausch zwischen Wasser und Luft intensiviert.
Betroffenes Material	Gasförmige unerwünschte Stoffe (gelangen in die Luft und weiter in die Atmosphäre), oxidierte Stoffe (hauptsächlich Eisen – es wird in ungelöster Form weiter abgetrennt)

Früher (historisch) wurden Kaskaden verwendet, bei denen es sich um mehrere Überläufe handelte. Die durch den Überlauf gewonnene Energie trägt dazu bei, das Wasser mit der Luft zu vermischen und so das Wasser mit Sauerstoff anzureichern. Weitere technische Lösungen sind Bubla- und Fuka-Belüfter, bei denen es sich um horizontale oder vertikale Säulen handelt, in die mithilfe von Ventilatoren Luft eingeblasen wird.

Grundwasser ist vor allem reich an Mangan und Eisen, enthält im Vergleich zu Oberflächengewässern höhere Konzentrationen an Kohlendioxid und geringere Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff. In einigen Gebieten der Tschechischen Republik kommt es im Zusammenhang mit dem geologischen Untergrund auch zu höheren Radonkonzentrationen. Aus diesen Gründen ist der Belüftungsprozess besonders wichtig für die Grundwasseraufbereitung (obwohl er auch in einigen Oberflächenwasseraufbereitungsanlagen anzutreffen ist, wo er aufgrund der Radonentfernung nicht eingesetzt wird).

ZŠ: *Es besteht definitiv keine Notwendigkeit, auf große technische Details einzugehen; Eine völlig ausreichende Beschreibung ist, dass durch das Einblasen von Luft in das Wasser die im Wasser vorhandenen Gase abgelassen werden.*

SŠ: *Wenn wir Radon belüften, können wir als interessanten Punkt seine relativ kurze Halbwertszeit von etwa 3,6 Tagen erwähnen, und als Entfernungsmethode kann man auch eine lange Ansammlung von Wasser nutzen, wo Radon auf natürliche Weise zerfällt. Allerdings wird dadurch die Radioaktivität als solche nicht beseitigt, da Radon weiter in die instabilen Isotope Polonium und Blei zerfällt (die sogenannte Uran-Radium-Umwandlungsreihe).*

Kurios: *Wir können uns auf das Henry-Gesetz (siehe Gleichung unten) beziehen und sagen, dass verschiedene Gase eine unterschiedliche Bereitschaft zur Übertragung zwischen Wasser und Luft haben. Beispielsweise wird Radon sehr gut belüftet. Bei Kohlendioxid kommt es auf die Gesamtzusammensetzung des Wassers an.*

$$p_1 = K_1 \cdot x_1$$

In der oben beschriebenen Gleichung ist p der Dampfdruck des gelösten Stoffes über der Lösung, x der Molenbruch des gelösten Stoffes in der Lösung und K die Henry-Konstante, die die Funktion der Proportionalitätskonstante erfüllt.

Interessant ist, dass die Freisetzung von Radon in die Atmosphäre keiner Genehmigung staatlicher Behörden (in diesem Fall des Landesamtes für nukleare Sicherheit) unterliegt, da es natürlich vorkommt.

3.3 Sedimentation

Bedeutung	Entfernung absetzbarer Verunreinigungen
Prinzip	Schwerere Schwebstoffe fallen aufgrund der Schwerkraft auf den Boden des Tanks
Erfasstes Material	Entfernung eines erheblichen Anteils unlöslicher Substanzen

Das Prinzip der meisten Methoden zur Entfernung üblicher Schadstoffe aus Wasser besteht in der Umwandlung in eine ungelöste Form und der anschließenden Abtrennung. Dieser Trennschritt ist normalerweise eine Filtration. Die Filtration beansprucht jedoch die Oberfläche des Geräts, der Filter muss gewaschen und überwacht werden. Die Priorisierung der Sedimentation vor der Filtration kann die Kosten der Filtration oder sogar die Größe des Filters erheblich reduzieren; Andererseits erhöht es die Zeit, die das Wasser benötigt, um die Aufbereitungstechnologie zu durchlaufen, erheblich.

Beim Betrieb von Kläranlagen geht der Sedimentation eine Koagulation voraus, die gebildeten Flocken sedimentieren anschließend. Da sich Flocken unterschiedlicher Größe bilden, sinken diese mit unterschiedlicher Geschwindigkeit am Boden ab. Die Technologie bietet oft nicht die Zeit oder die Länge des Behälters, um alle absetzbaren Stoffe abzusetzen, und daher folgt der Sedimentation immer eine Filtration, dank derer auch kleinere Flocken entfernt werden können.

Teilweise wird die Sedimentation auch zur Ablagerung ungelöster Stoffe im Abwasser aus der Wasseraufbereitung im sogenannten Schlammmanagement (siehe eines der anderen Unterkapitel in diesem Dokument) oder im Abwasserbehandlungsprozess (siehe andere im Rahmen dieses Projekts erstellte Dokumente) genutzt.

ZŠ: Rohwasser enthält viele ungelöste Stoffe, die wir mit oder ohne vorherigen Einsatz von Chemikalien und nur mit Hilfe von Zeit und Ruhe entfernen können. Die Schwerkraft funktioniert zuverlässig und kostenlos. Schmutzpartikel fallen langsam nach unten und setzen sich dort ab. Das von Verunreinigungen befreite Wasser läuft dann oben aus dem Tank über und gelangt zur nächsten Aufbereitungsstufe, in der Regel zur Filtration.

SŠ: Durch die Wirkung des Kraftfeldes sinken die Partikel aufgrund der unterschiedlichen Dichte und Größe der Partikel zu Boden. Größere Partikel sinken schneller zu Boden. Ein sehr wichtiger Faktor ist, das Wasser so weit wie möglich zu beruhigen, bevor es in den Tank gelangt.

Kurios: Der Sedimentationswirkungsgrad sollte etwa 80–90 % betragen, damit die Sedimentationstrennstufe als funktionsfähig erklärt werden kann. Zur Effizienzsteigerung können beispielsweise Bohrwände, zusätzliche Trennwände (sog. Lamellensedimentation) oder die Zugabe von Kalkmilch (Suspension von Calciumhydroxid) eingesetzt werden, die ungelöste Partikel nach unten zieht.

3.4 Flotation

Bedeutung	Abtrennung suspendierter Partikel und biologische Rückgewinnung
Prinzip	Blasen gelöster Luft tragen Schadstoffe an die Oberfläche
Erfasstes Material	hydrobiologische Belastung, sekundär auch andere Stoffe

Flotation ist ein weiterer Trennschritt in der Wasseraufbereitung, der in den allermeisten Fällen der Filtration vorgeschaltet ist und dazu dient, suspendierte oder flockige Partikel oder Organismen mithilfe von Luftblasen aus der Flüssigkeit (d. h. dem aufbereiteten Trinkwasser) zu trennen. Je nach Art der Blasenbildung können wir die Flotation in elektrolytische, mechanische oder Druckflotation einteilen, während wir im tschechischen Becken nur die letzte Variante antreffen.

Das Prinzip der Methode besteht darin, dass sich Partikel (z. B. durch Koagulation gebildet) mit ausgeblasenen Luftblasen verbinden, die dadurch leichter als Wasser sind und nach oben steigen. Dadurch entsteht an der Oberfläche eine Schlammschicht, die in den Abfall geschwemmt wird, und Wasser wird für weitere technologische Schritte (meist Filtration) vom Boden des Tanks abgelassen – also das Gegenteil einer Sedimentation.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Flotation selbst nur bei ungelösten Stoffen funktioniert, nicht aber bei gelösten Stoffen – in diesem Fall muss eine Koagulation vorausgehen, bei der sich Flocken bilden, die dann durchgeführt und entfernt werden. Daher geht der Koagulation praktisch immer eine Flotation voraus.

Die Flotation als solche ist in der Tschechischen Republik keine sehr verbreitete Technologie und wird hauptsächlich in großen Verarbeitungsbetrieben eingesetzt, wo davon ausgegangen wird, dass Ihnen ein Technologie bei der chemischen und technischen Beschreibung hilft; Daher werden auf dieser Seite nur vereinfachte Basisinformationen bereitgestellt.

ZŠ: Gebildete Flocken mit anhaftenden Verunreinigungen, möglicherweise Cyanobakterien, Algen und anderen biologischen Bestandteilen des Wassers werden mit Hilfe vieler Millionen Luftblasen an die Oberfläche getragen und dort als Abfall gesammelt. Am Boden wird dann Wasser zur weiteren Behandlung gesammelt. Viele Blasen sehen aus der Ferne für das Wasser wie eine milchige Farbe aus.

SŠ: Druckluft löst sich nach dem Henryschen Gesetz in Wasser auf (siehe Technologieblatt zur Belüftung). Bei der Sättigung von Wasser in einem geschlossenen Volumen entstehen viele Mikrobläschen mit einer Größe von 30 und 100 Mikrometern, die dann in den Flotationsraum abgegeben werden, der dann ungelöste Stoffe an die Oberfläche bringt.

Die Flotation als solche wird nicht nur bei der Trinkwasseraufbereitung eingesetzt, sondern beispielsweise auch bei der Abwasseraufbereitung oder bei der Erzaufbereitung, wo sie nach dem gleichen Prinzip funktioniert.

Neugierig: In der Literatur stößt man auf die Abkürzung DAF, die vom englischen „dissolved air flotation“ stammt und Druckflotation bedeutet. Unter tschechischen Verhältnissen wurde es erst zu Beginn des 21. Jahrhunderts (im Jahr 2005) zur Trinkwasseraufbereitung eingesetzt.

Anstelle von gelöstem Sauerstoff kann diese Technologie auch Öl (historische Methode, heute nicht mehr verwendet) oder Ozon (sehr wenig verbreitet, eher eine theoretische Möglichkeit) verwenden.

3.5 Klärung / Koagulation / Flockung

Bedeutung	Beschleunigung der Entfernung feiner suspendierter und kolloidaler Substanzen (normalerweise schwer absetzbar)
Prinzip	Feine Partikel werden in größere Cluster umgewandelt Gebildete größere Partikel sedimentieren schneller
Erfasstes Material	Bindemittel – Gerinnungsmittel und Flockungsmittel kolloidale Substanzen, Mikroorganismen

Hierbei handelt es sich um ein wichtiges technologisches Verfahren, das vor allem zur Aufbereitung von Oberflächenwasser eingesetzt wird und bei dem im Zuge der anschließenden Filterung gelöste (typischerweise hochmolekulare organische Stoffe, wie z. B. Huminstoffe) und kolloidale Stoffe entfernt werden, die sich allein durch Sedimentation oder Flotation nicht entfernen lassen. Die Klärung ist ein anspruchsvoller Prozess für Management und Design, da sie von vielen Parametern sowohl des behandelten Wassers (pH-Wert, Temperatur) als auch technologischen Parametern (Mischgeschwindigkeit, Form der Rührwerke, Dosis des Koagulationsmittels) beeinflusst wird.

Durch den Einsatz positiv geladener Partikel aus Eisen- oder Aluminiummetallen (typischerweise Sulfate oder Chloride in Form von Hydraten) bilden sich größere Ansammlungen sogenannter Flocken, die dann durch Sedimentation, Flotation oder Filtration entfernt werden können. Die positiven Partikel ziehen dann wie ein Magnet Verunreinigungen an.

ZS: *Wir fügen dem Wasser ein Reagens hinzu, das dazu führt, dass die Stoffe, die wir nicht im Wasser haben wollen, auszufallen beginnen und sich in Form von Flocken ansammeln. Die entstehenden Flocken, die deutlich größer sind als die Verunreinigungen selbst, können anschließend einfach durch Filtration und Sedimentation entfernt werden. Demonstrationstipp: Wir können diese Flocken zeigen und das Wasser vor und nach der Koagulation vergleichen.*

SS: *Koagulation oder Klärung ist ein wichtiger Prozess, der gelöste Stoffe im Wasser in ungelöste umwandeln kann. Durch die Zugabe des Mittels beginnen ansonsten stabile gelöste Stoffe, wie z. B. Humine, zu verklumpen und mit dem Koagulationsmittel einen Niederschlag zu bilden. Der Prozess erfordert die Verwendung eines geeigneten Reagenzes, die Einstellung der richtigen Dosis des Reagenzes und die richtigen Bedingungen, wie insbesondere den pH-Wert. Diese Dinge lassen sich nicht zuverlässig „vom Tisch aus“ konstruieren und vor größeren Veränderungen müssen sogenannte Glaskoagulationstests im Labor durchgeführt werden.*

Kurios: *Kolloidale Substanzen werden im Wasser durch die elektrische Ladung auf ihrer Oberfläche stabilisiert. Die Zugabe eines Reagenzes verändert die Ladung und destabilisiert sie so, dass sie zusammenklumpen (wie Magnete).*

Huminstoffe – Huminstoffe oder andere Stoffe natürlichen Ursprungs werden häufig durch Koagulation entfernt. Diese sind für den Menschen an sich nicht

gesundheitsschädlich, verursachen jedoch sensorische Probleme, insbesondere Braunverfärbungen. Ein weiterer Grund für ihre Entfernung besteht darin, die langfristige Stabilität des Wassers sicherzustellen, wenn diese Stoffe als Substrat für das Wachstum von Bakterien dienen könnten. Ein weiterer Grund ist ihre mögliche Reaktion mit dem Chlor, das zur Gewährleistung der Hygiene des Wassers verwendet wird. Es könnten potenziell gefährliche chlorierte Stoffe entstehen (sog. Desinfektionsnebenprodukte, zum Beispiel Chloroform).

In der Praxis begegnet man häufig den Begriffen Flockung, Koagulation und Klärung, die häufig (fälschlicherweise) verwechselt werden. Unter Koagulation versteht man die Bildung von Partikelclustern (man könnte sie auch als Destabilisierung bezeichnen), unter Flockung (auch Aggregation) versteht man die Bildung sichtbarer Flocken aus diesen Clustern; Die Klärung erfolgt dann im Allgemeinen durch Mischen ohne weitere Nachverfolgung der Flockenbildung. Im Gegensatz zur Flockung ist die Koagulation nicht reversibel.

3.6 Filtration

Bedeutung**Prinzip****Erfasstes Material**

ein wichtiger Schritt bei der Entfernung suspendierter Feststoffe im Wasser
Einfangen großer Partikel (oxidiert, ausgeflockt) auf Sandpartikeln
oxidierte gelöste Stoffe, koagulierte Partikel
(zum Beispiel kolloidale Substanzen, Mikroorganismen, hydratisierte Eisen- und Manganoxide, Tonpartikel)

Ein Filter ist wahrscheinlich die traditionellste Technologie zur Wasseraufbereitung und wahrscheinlich in jeder Kläranlage in der Tschechischen Republik zu finden. Abhängig von der Füllung gibt es verschiedene Arten von Filtern. Verschiedene Gewebe- oder Segelfilter, die Material auf ihrer Oberfläche zurückhalten (wie Gymnasiasten beispielsweise aus Chemielaborübungen kennen), werden in der Wasserindustrie nicht häufig verwendet und werden eher in anderen Bereichen oder beispielsweise in Heimschwimmbädern eingesetzt. In der Wasserwirtschaft ist die Filtration durch eine Schicht aus körnigem Material weit verbreitet, wobei das Material im Volumen der Filterfüllung eingefangen wird; Typischerweise handelt es sich um Sand oder chemisch modifizierten Sand mit verschiedenen modifizierten Schichten darauf.

Auf den ersten Blick erkennt man auch den Unterschied zwischen einem Druckfilter und einem offenen Filter. Die Wahl des geeigneten Typs erfolgt vor allem im Hinblick auf die übrige Technik und den Platzbedarf – Druckpumpen sind deutlich kleiner als offene, verbrauchen aber auch die elektrische Energie der Pumpen.

Im Prinzip handelt es sich um die gleiche Filtration, die sich Kinder wahrscheinlich vorstellen: Die Partikel werden von einer Schicht aus körnigem Material geleitet, in der sie eingefangen werden. Mit zunehmender Verstopfung des Filters erhöht sich der Druckabfall und es fließt weniger Wasser durch, oder es muss der Druck erhöht werden, um den Durchfluss aufrechtzuerhalten (auf Kosten eines höheren Energieverbrauchs und einer gleichzeitig höheren Belastung der Technik). Wenn der Druckverlust zu hoch ist oder die suspendierte Suspension in den Filter einzudringen beginnt, muss dieser gewaschen werden. Beim Waschen wird der Wasserfluss durch den Filter umgekehrt und der Fluss erhöht, um eine Ausdehnung der Kartusche zu bewirken (die Kartusche wird „aufgebläht“). Das Waschen wird oft mit Druckluft intensiviert, was die Freisetzung von eingeschlossenem Material aus dem Filter erleichtert.

Als Filtermaterial kann Sand mit einer Körnung von ca. 0,6 bis 1,8 mm (es gibt verschiedene Körnungen mit unterschiedlichen Reichweiten). Oder andere Materialien wie Anthrazit oder industriell hergestellte Filtermaterialien mit besonderen Eigenschaften. Eine besondere Filterform ist der sogenannte Entsäuerungsfilter. Ihr Zweck ist jedoch nicht die Filtration, sondern die Einstellung des Karbonathaushalts und wird daher in einem anderen Kapitel beschrieben.

Leitfaden-Tipp: Bereiten Sie eine Filterkartusche in einem Becher oder einem anderen Behälter vor und geben Sie sie den Kindern zum Anfassen (einige Technologieunternehmen bieten diese Musterkits direkt als Werbepartikel an). Eine solche anschauliche Demonstration wird die Aufmerksamkeit der Teilnehmer der Exkursion erneuern.

3.7 Ionenaustauscher

Bedeutung	Entfernung unerwünschter Kationen oder Anionen aus Wasser
Prinzip	hochmolekulare Substanzen (Ionex), die funktionelle Gruppen enthalten, die ein Ion mit entgegengesetzter Ladung einfangen können
Erfasstes Material	gelöste Stoffe in ionisiertem Zustand (positive oder negative Ladung)

Die Wasseraufbereitung mit Ionenaustausch ist sehr effektiv. Ionexe bzw. Ionenaustauscher zielen vorrangig auf anorganische Gewässerverschmutzung ab, doch wenn organische Stoffe eine Ladung tragen, können diese auch eingefangen werden. Ionexe kommen meist in Form kleiner Kugeln vor. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um hochmolekulare Substanzen, die in ihrer Struktur funktionelle Gruppen tragen. Diese Gruppen haben eine bestimmte Ladung, die bestimmt, welche Stoffgruppe sie anziehen. Wir unterscheiden zwei Arten von Ionex, negativ und positiv. Menschen verwechseln oft ihre Namen, aber wie Elektroden werden Ionex immer nach der Art der Ladung benannt, die sie anziehen – Catex tauscht Kationen und Anex tauscht Anionen aus. Eine ganze Reihe natürlicher und synthetischer Stoffe besitzen die Fähigkeit zum Ionenaustausch. Zeolithe gehören zu den bekanntesten Ionenaustauschern natürlichen Ursprungs. Heutzutage werden jedoch am häufigsten Stoffe synthetischen Ursprungs, hauptsächlich auf Polymerbasis, verwendet.

Analog zur Sorption auf körniger Kohle gibt es auf Ionex nur eine begrenzte Menge an funktionellen Gruppen. Wenn also alle Plätze besetzt sind, ist eine Regeneration notwendig. Das größte Hindernis beim Betrieb von Ionenaustauschern ist die Entsorgung von Regenerationslösungen. Die Abfallentsorgung ist in der Regel der limitierende Faktor bei der Entscheidung, ob diese Art der Behandlungstechnologie überhaupt eingeführt wird. Aufgrund der Menge und Beschaffenheit des Abfalls (erheblicher Salzgehalt) wird die Technologie eher für kleine Kläranlagen eingesetzt.

Grundschule: Zeigen Sie den Kindern ein Beispiel, wie so ein Ionex aussieht. Lassen Sie ihn herumlaufen und wenn er zu Ihnen zurückkommt, fragen Sie die Kinder, wie er aussah – wie würden sie ihn beschreiben? Betonen Sie, dass das Prinzip der Technologie der Ionenaustausch ist. Wissen Kinder, was ein Ion ist? Nachdem Sie nun das Konzept verstanden haben, wie könnte der Ionenaustausch funktionieren? Daraus folgt, dass die von ihnen gesehenen Kugeln (Ionex) eine Ladung tragen. Was bewirken dieselben Ladungen: Abstoßung oder Anziehung? Sie können es ihnen an Magneten demonstrieren. Wenn Sie zu der Tatsache kommen, dass Gegensätze sich anziehen, erklären Sie, warum Besetzungen und Annexionen so genannt werden, wie sie sind. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Ionex uns dabei hilft, eine bestimmte Art von Ionen entsprechend der Ladung, die sie tragen, aufzunehmen. Hin und wieder muss der Ionex gespült werden, damit er alles loswird, was er zuvor eingefangen hat, und wieder unsere Arbeit verrichten kann.

Neugierig: Der Grad der Fähigkeit, die Substanz zu halten, hängt von den Eigenschaften des verwendeten Ionex und des Ions selbst ab. Bestimmte Arten von Substanzen können sich auch irreversibel an den Ionex binden und ihn

dadurch funktionsunfähig machen. Solche Ionen können nicht mehr regeneriert werden und werden als Abfall behandelt.

3.8 Sorption

Bedeutung

Effektive Methode zum Einfangen von Mikroschadstoffen, positive Wirkung auf den Wassergeschmack, Schutz nach Ozonanwendung

Prinzip**Erfasstes Material**

Einfangen von Stoffen auf einer großen Granulatoberfläche (Adsorption). geschmacks- und geruchsverursachende organische Stoffe organische und anorganische Mikroschadstoffe (Pestizide und Medikamente)

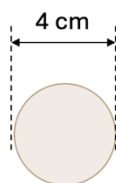
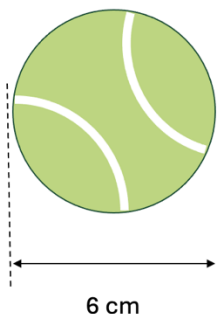
Aktivkohle wird aus Kohle, Holz oder Torf hergestellt und hat eine poröse Struktur mit einer großen inneren Oberfläche. Die spezifische Oberfläche von Aktivkohle liegt üblicherweise bei etwa 1000 m² pro Gramm, kann aber bis zu 3500 m² pro Gramm erreichen. Um Ihnen eine Vorstellung zu geben: Das Eden-Fußballstadion in Prag verfügt über rund 7.000 m², was 7 Gramm Aktivkohle entspricht. Sie können herausfinden, wie viel das Fußballfeld in Ihrer Nähe hat, oder noch besser, das Feld in der Stadt/Gemeinde, aus der die Besucher kamen, und die Menge an Aktivkohle vergleichen. Sie können die Menge abwägen und sie für Exkursionen in einem Behälter aufbewahren. So sehen die Kinder, wie die Aktivkohle aussieht, und können sich besser vorstellen, um welche Menge es sich handelt.

Die Sorption an Aktivkohle ist das am häufigsten eingesetzte Mittel zur Entfernung organischer Stoffe im Wasser, insbesondere Mikroschadstoffe wie Pestizide. Bei Pestiziden liegt die Entfernungseffizienz im Allgemeinen zwischen 50 und 95 %, abhängig von der Art der Aktivkohle und der Art der adsorbierten Substanz. Aktivkohle wird hauptsächlich wegen ihrer hohen Effizienz und einfachen Anwendung verwendet. In der Wasserindustrie ist die körnige Form am häufigsten anzutreffen, aber auch pulverförmige Aktivkohle wird häufig verwendet. Größere Kläranlagen halten Pulveraktivkohle als Reserve bereit für den Fall, dass es bei Filtern mit Aktivkohlegranulat zu Funktionsstörungen kommt oder sich die Wasserqualität plötzlich verschlechtert. Generell lässt sich sagen, dass Pulveraktivkohle vor allem bei saisonaler Verschlechterung der Wasserqualität (Geschmack, Geruch, Abfluss von Feldern) eingesetzt wird und die Anwendung in der Regel vor der Filtration klassifiziert wird. Der Nachteil der Pulverform besteht darin, dass sie nach dem Auftragen ausgewaschen wird. Daher ist diese Form teurer und wird im Normalbetrieb seltener verwendet. Wenn sich die Qualität des Rohwassers weiter verschlechtert, setzen Kläranlagen eine granuliert Aktivkohlefiltration ein. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Adsorptionskapazität der Kohle mit der Zeit abnimmt und es nach einiger Zeit notwendig ist, sie zu regenerieren, d. h. ihre Effizienz wiederherzustellen.

ZS: Schadstoffe werden an der Oberfläche eingefangen, nicht nur an der Außenseite. Das Bestreben besteht darin, diese Fläche möglichst groß zu gestalten. Der Eindruck kann irreführend sein, denn die Oberfläche, die das Innere des Aktivkohlematerials zusammenhält, ist um ein Vielfaches größer als die Äußere, was uns normalerweise auffällt. Fragen Sie die Kinder, ob sie schon einmal mit ihren Eltern „Die Ameise Ferda“ gelesen haben oder ob sie einen

Ameisenhaufen hinter Glas gesehen haben – viele Wege, unterschiedliche Längen und Wendungen. So könnte es wohl in einem Aktivkohlegranulat aussehen. Die Stoffe dringen dann tief in das Korninnere ein und werden dann auf all diesen Wegen erfasst.

SŠ: Wir wagen zu behaupten, dass das Konzept einer bestimmten (gemessenen) Oberfläche nicht ganz einfach einzuführen ist. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass der Erklärung mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Es ist die Oberfläche eines festen Stoffes pro Masseneinheit. Mit anderen Worten: Wie viel Oberfläche in Quadratmetern hat ein Gramm einer Substanz? Warum interessiert uns das überhaupt, was macht die Oberfläche für uns so wichtig und warum machen wir uns die Mühe, sie zu bestimmen? Vereinfacht gesagt ist dies einer der wichtigsten Parameter der Adsorption, denn Adsorption ist der Prozess der Anlagerung eines Stoffes auf einer Oberfläche. Vereinfacht gesagt gilt: Je größer die Oberfläche, desto mehr Platz gibt es zum Einfangen von Stoffen. Ich verstehe! Aber wie erhalte ich eine größere spezifische Oberfläche? Bitte lassen Sie die Kinder eine Weile nachdenken. Sie können ihnen beispielsweise einen Tennisball zeigen und zeigen, welche Oberfläche er hat. Aber wie erhöhe ich das Verhältnis von Oberfläche zu Gewicht? Entgegen der Intuition würde man sagen, größere Partikel zu verwenden, denn dann ist die Oberfläche größer. Die Partikeloberfläche ist ja, aber nicht spezifisch, weil dadurch auch die Masse des Partikels zunimmt. Eine Möglichkeit sind kleinere Partikel (Tischtennisball). Wenn sie Ihnen nicht glauben, können Sie ihnen eine einfache Rechnung zeigen:



$$\rho = \text{konst.} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Tenisový míček

$$d = 6 \text{ cm} \Rightarrow r = 3 \text{ cm}$$

$$S = 4\pi = 113 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 113 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 113 \text{ g}$$

$$a_M = \frac{S}{m} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Ping-pongový míček

$$d = 4 \text{ cm} \Rightarrow r = 2 \text{ cm}$$

$$S = 4\pi = 50 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 33 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 33 \text{ g}$$

$$a_M = \frac{S}{m} = 1,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Die zweite grundlegendere Änderung ist die Porosität des Partikels. Wissen Kinder, was Poren sind? Lassen Sie sie sich einen Käsewürfel vorstellen, den sie mögen, zum Beispiel Edamame. Und jetzt daneben dieser Würfel aus wirklich undichtem Emmentaler. Welches hat die größere spezifische Oberfläche? Poren können die spezifische Oberfläche vergrößern. Aktivkohle ist gerade aufgrund ihrer hohen Porosität, die durch ihre Herstellung entsteht, ein hervorragendes Adsorptionsmittel.

Kurios: Generell unterscheiden wir zwischen zwei Arten der Adsorption – der physikalischen und der chemischen. Durch physikalische Adsorption können

Stoffe vollflächig gebunden werden, die Bindungsstärke ist meist gering und die Desorption erfolgt umso leichter. Die physikalische Adsorption erfolgt am häufigsten aufgrund von Van-der-Waals-Kräften, es kann aber auch eine mehrschichtige Adsorption beobachtet werden. Im Gegensatz dazu funktioniert die chemische Adsorption mit Hilfe sogenannter aktiver Zentren, und viele Faktoren beeinflussen den Verlauf der Stoffaufnahme. Das Stoffgemisch im Wasser führt auch zu einer Konkurrenz der Stoffe um aktive Stellen, da einige Stoffe eine größere Affinität bzw. den Wunsch haben, sich an die Stellen des Adsorbens zu binden. Auch das Adsorbens verfügt über eine begrenzte Anzahl dieser Stellen und wenn sie gefüllt sind, kann eine weitere Adsorption nicht funktionieren. Glücklicherweise endet der Prozess nicht mit der Erschöpfung der Sorptionskapazität, Kohle muss nach Erschöpfung nicht weggeworfen werden, sondern es ist möglich, sie zu regenerieren (bei reversiblen Bindungsprozessen). Mit anderen Worten: Es ist möglich, die Sorptionskapazität von Aktivkohle wiederherzustellen. Wie bei der Adsorption (Bindung eines Stoffes an eine Oberfläche) funktioniert auch der umgekehrte Vorgang, nämlich die Ablösung des Stoffes von der Oberfläche des Sorptionsmittels. Am häufigsten wird hierfür die Thermodesorption eingesetzt. Das Material wird auf eine sehr hohe Temperatur (bis zu 1200 Grad Celsius) erhitzt, wobei adsorbierte Stoffe aus der Kohle entfernt werden. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass es auch zu Oxidation und Abrieb der Kohle selbst kommt, was zu einem Materialverlust von bis zu 15 % führen kann.

3.9 Hygienische Wasserversorgung

Bedeutung	hygienische Bereitstellung von Wasser im Hinblick auf Mikroorganismen
Prinzip	Oxidations- und Chlorierungseffekte schränken oder deaktivieren wichtige Prozesse mikrobieller Zellen, die sie dadurch zerstören
„Erfasstes“ Material	Mikroorganismen

Die hygienische Wasserversorgung ist oft ein kontroverses Thema, man muss sich jedoch darüber im Klaren sein, dass die Feststellung eines Zusammenhangs zwischen einigen Krankheiten und der Wasserqualität und die anschließende Sicherstellung der mikrobiologischen Qualität des Wassers das Durchschnittsalter der Bevölkerung deutlich erhöht hat.

ZS: *Natürliche Gewässer enthalten Bakterien. Selbst aufbereitetes Wasser ist nicht völlig frei von Bakterien. Die meisten Bakterien sind für den Menschen ungefährlich und der menschliche Körper kann mit ihnen umgehen. Allerdings ist es wichtig, ihre Zahl gering zu halten und vor allem darauf zu achten, dass die im Wasser vorhandenen Bakterien keine Gefahr darstellen. Die beste Aufbereitungstechnologie kann nicht die vollständige Eliminierung von Bakterien gewährleisten, aber vor allem kann sie nicht sicherstellen, dass sich Bakterien im Wassernetz nicht vermehren. Aus diesem Grund werden dem Wasser Desinfektionsmittel zugesetzt. Davon wird nur eine minimale Menge zugesetzt, hauptsächlich aufgrund ihres Preises und der Begrenzung der Auswirkungen auf den Geruch und Geschmack des Wassers. Aus Sicht des Wasserverbrauchers ist es weitaus besser, wenn das Wasser eine gewisse Mindestmenge an Desinfektionsmitteln enthält, als gefährliche Mikroorganismen.*

Kurios: *Man kann die Geschichte erzählen, wie der Zusammenhang zwischen Wasserqualität und der Ausbreitung von Krankheiten entdeckt wurde. John Snow forschte 1854 in Broad Street, London, über den Zusammenhang zwischen Infektionskrankheiten und Wasserquellen und stellte fest, dass Menschen, die einen Ausbruch hatten, oft durch eine gemeinsame Wasserquelle verbunden waren. Er zeichnete Krankheitsfälle auf einer Karte auf, und der Zusammenhang mit der Wasserquelle war offensichtlich. Eine interessante Tatsache war, dass es im Zentrum der Epidemie auch ein Kloster gab, in dem jedoch keine Krankheit registriert wurde. Fragen Sie, ob jemand weiß, warum das so war. Die richtige Antwort ist, dass die Mönche kein Wasser, sondern wärmebehandeltes Bier tranken.*

3.9.1 Chlorierung

Bei der Wasserchlorierung handelt es sich um einen Prozess, bei dem elementares Chlor oder seine Verbindungen eingesetzt werden, um die Hygiene des Wassers sicherzustellen. Es werden verschiedene Arten von Desinfektionsmitteln auf Chlorbasis verwendet. Am häufigsten wird jedoch die Dosierung von

gasförmigem Chlor, Natriumhypochlorit oder Chlordioxid eingesetzt. Chlorierung ist eine der am weitesten verbreiteten Desinfektionsmethoden in der Wasserwirtschaft.



Interpretationstipp: Chlorierung ist aus chemischer Sicht nicht der richtige Begriff. Chlorierung bedeutet, dass Chlor irgendwo chemisch gebunden wird. Da das Ziel nicht darin besteht, Chlor an das Wasser zu binden, ist die Bezeichnung Wasserdeseinfektion viel korrekter. Darüber hinaus haben nicht alle Mittel auf Chlorbasis eine chlorierende Wirkung auf im Wasser vorhandene Stoffe. Chlordioxid wirkt beispielsweise nur oxidierend.

Chlorierung hilft vor allem bei der mikrobiellen Aktivität im Wasser. Der größte Vorteil der Chlorung ist die sogenannte Sekundärdesinfektion. Dies bedeutet, dass die Wasserqualität auch während der Verteilung über die Netze an den Endverbraucher geschützt wird. Darüber hinaus ist es eine einfache Möglichkeit, auch an Wasserreservoirs eine Desinfektion sicherzustellen und so die Wasserqualität längerfristig zu erhalten. Ein großer Nachteil sind die Nebenprodukte der Chlorierung und die negative Beeinflussung der sensorischen Eigenschaften des Wassers. Dies sind die Gründe, warum viele Staaten schließlich von der Chlorierung Abstand nahmen. Größere Kläranlagen verwenden Chlorgas, das dem Wasser zugeführt wird. Natriumhypochlorit wird am häufigsten bei kleinen Tieren verwendet.

Im Wasser werden drei Grundformen unterschieden: Gesamtchlor, freies und gebundenes Aktivchlor. Durch Addition des gebundenen und des freien Chlors erhalten wir die Konzentration des Gesamtchlors. Gebunden oder verbunden ist Chlor, das mit Ammoniak zu Chloraminen reagiert. Für die Sekundärdesinfektion ist Chloramin besonders wichtig, da es eine lange Halbwertszeit hat und so die Wasserqualität vor Verunreinigungen durch in das Rohrnetz eindringende Mikroorganismen schützt. Freies Chlor wird in jeder Kläranlage, ob groß oder klein, gemessen. Es schützt das Wasser vor Verunreinigungen und ist ein guter Indikator dafür, ob das Wasser noch hygienisch unbedenklich ist. Wenn es um freies Chlor geht, ist es angebracht, Kindern seine Entschlossenheit zu demonstrieren. Es wird auch empfohlen, Proben mit unterschiedlichen Werten an freiem Chlor herzustellen, damit die Kinder sehen können, wie die Sättigung der Farbe mit der Chlorkonzentration zusammenhängt.

Grundstufe: Fragen Sie die Kinder, was sie über Chlor wissen. Kennen sie seinen Zustand und seine Farbe? Sie werden es wahrscheinlich als Kampfgas kennen oder sich an den Pool erinnern. Wenn sie sich an den Pool erinnern, können Sie ihnen sagen, dass sie versuchen sollen, sich an den Geruch zu erinnern.

Dieses Gas und einige seiner chemischen Verbindungen haben eine erhebliche desinfizierende Wirkung. Nach dem Mischen mit Wasser zerstören diese Stoffe wirksam Mikroorganismen, die uns im Wasser bedrohen. Kinder kennen Natriumhypochlorit bestimmt unter dem Namen SAVO.

SŠ: Chlor im Wasser wird auch durch organische Reststoffe verbraucht, daher ist es notwendig, das Wasser so sauber wie möglich zu chlören. Wie bei anderen Desinfektionsmethoden empfiehlt es sich, erst in der letzten Stufe der Wasseraufbereitung zu chlören. Der Grund für den häufigen Einsatz von Chlor ist seine große bakterizide Wirksamkeit, die es auch in geringen Konzentrationen beibehält. Die Höhe der Chemikaliendosis hängt immer von der Qualität des zugeführten Wassers und den Desinfektionsgrenzwerten ab. Die Wirksamkeit der

Chlorung hängt stark vom pH-Wert des Wassers ab. In Kläranlagen versuchen wir stets, einen bestimmten Gehalt an freiem Chlor im Wasser aufrechtzuerhalten.

Neugierig: Chlorhaltige Desinfektionsmittel eignen sich aufgrund ihrer oxidierenden Wirkung auch gut zur Entfernung von Eisen, Mangan, Schwefelwasserstoff und einigen organischen Substanzen, insbesondere Geruchs- und Geschmacksstoffen.

3.9.2 UV-Strahlung

**Bedeutung
Prinzip**

hygienische Wasserversorgung
Es basiert auf der natürlichen bioziden Wirkung des Sonnenlichts. Quecksilberlampen emittieren UV-Strahlung mit schädlichen Wellenlängen, was zu einer Strukturveränderung und anschließender Zerstörung mikrobieller Zellen führt

„Erfasstes“ Material

Mikroorganismen (Bakterien, Viren) und ihre

Dies ist eine physische Möglichkeit, den Verbrauchern Wasser zu sichern. Der Vorteil der Verwendung von UV-Lampen besteht darin, dass die Bildung von Nebenprodukten verhindert wird und es sich gleichzeitig um eine sehr wirksame Methode der Desinfektion handelt. Darüber hinaus ist es eine umweltfreundliche Methode. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Bedienung und Wartung im Vergleich zu anderen Technologien. Nachteilig ist im Gegenteil der Energiebedarf der Lampen, ihre Anfälligkeit für Überhitzung, vor allem aber der Einfluss der Wasserqualität auf die Wirksamkeit der Desinfektion. Die Effizienz der Strahlung wird stark von der Trübung des Wassers beeinflusst, da sie zu einer verringerten Durchlässigkeit der Strahlung im Wasservolumen führt. Das Wasser sollte daher völlig transparent sein, außerdem muss eine dünne Wasserschicht transparent sein. Der größte Nachteil gegenüber der Chlorung besteht jedoch darin, dass das Wasser nicht hygienisch gesichert im Wasserversorgungsnetz verbleibt. Mit anderen Worten: UV-Strahlung wirkt nur am Einwirkungsort. Auch eine direkte Messung der UV-Strahlungsdosis ist nicht möglich.

UV-Lampen werden hauptsächlich zur Desinfektion von Trinkwasser in größeren Verbrauchsgebieten eingesetzt. Auch zur dezentralen Wasseraufbereitung wird es zunehmend eingesetzt. Z.B. in Pensionen, Privathäusern. In einigen Ländern wird UV-Strahlung jedoch auch zur Desinfektion von Wasser in Zügen und Schiffen eingesetzt.

Grundschule: Fragen Sie die Kinder, woran sie denken, wenn sie Winken sagen. Er wird wahrscheinlich an das Meer denken. Weisen Sie sie darauf hin, dass es noch andere Wellen gibt, nämlich Lichtwellen. Die Sonne sendet Wellen unterschiedlicher Wellenlänge aus – kurze Wellenlängen der ultravioletten Strahlung, sichtbare Lichtwellen (Farbwellen) und lange Wellenlängen der Infrarotstrahlung. Die erwähnten kurzen Längen können wir nicht sehen, sie sind aber die stärksten im Kampf gegen Mikroorganismen. Sicherlich haben die Kinder schon gesehen, wie ihre Großeltern oder Eltern ihre gewaschene Wäsche draußen aufgehängt haben. Sonnenlicht trocknet Kleidung nicht nur, sondern befreit sie auch von Bakterien und Gerüchen (organischen Substanzen). UV-Lampen geben

genau diese Strahlung ab und tragen dazu bei, dass das Wasser biologisch unbedenklich ist. Allerdings kommt es immer auf die Intensität der Strahlung und die Dauer der Einwirkung an. Kinder kennen sicherlich das Gefühl auf der Haut, wenn die Sonne sehr heiß ist – das hängt mit der Intensität der Strahlung zusammen. Und wenn die Sonne so stark aufheizt und sie längere Zeit draußen laufen, also lange ihrer Einwirkung ausgesetzt sind, brennen sie schön. Wenn Mikroorganismen im Wasser über einen längeren Zeitraum Strahlung mit hoher Intensität ausgesetzt sind, überleben sie nicht.

Nun, und weil UV-Strahlung nicht nur für Mikroorganismen im Wasser gefährlich ist, sondern auch für den Menschen (obwohl wir gar nicht so klein sind und eine deutlich höhere Strahlendosis vertragen), appellieren Eltern oft an uns, Sonnenschutzcremes ehrlich anzuwenden.

SŠ: UV-Strahlung ist ein natürlicher Bestandteil des Lichts, nämlich kurze Wellenlängen. Die natürliche Quelle der UV-Strahlung ist daher die Sonne. Seine Quelle sind hier Quecksilberquarzlampen, bei denen es sich um (Hochdruck- oder Niederdruck-)Quecksilberentladungslampen handelt. Wenn wir Entladungslampen hören, stellen wir uns wahrscheinlich vor, dass sie eine größere Energiedosis benötigen und sich gleichzeitig schnell erwärmen. Daher müssen sie ständig von Wasser umströmt werden, um sie zu kühlen. Auch bei der Wartung muss mit Lampen vorsichtig umgegangen werden, da sie gesundheitsgefährdendes Quecksilber enthalten.

Bezüglich der Wirkung gegen Mikroorganismen zeigt UV-Strahlung die höchste keimtötende Wirkung bei einer Wellenlänge von 200–300 nm, am wirksamsten ist sie bei einer Wellenlänge von 254 nm. UV dringt in ihre Zellen ein, verändert ihre Struktur und zerstört sie dadurch. Zu den weiteren Stoffen, die UV-Strahlung stark absorbieren, gehören organische Stoffe. Um die Desinfektion so effektiv wie möglich zu gestalten, wird die Bestrahlung daher als letzter Behandlungsschritt angewendet, wenn das Wasser die geringste Menge davon enthält und die volle Dosis von den Mikroorganismen eingefangen wird, die wir im Wasser loswerden wollen.

Kurios: Geschichte – Die keimtötenden Eigenschaften des Sonnenlichts wurden 1887 von Downes und Blunt entdeckt. Obwohl in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts große Fortschritte erzielt wurden, schränkten die niedrigen Chlorkosten und Betriebsprobleme bei frühen UV-Desinfektionssystemen den Einsatz von UV-Strahlung zur Trinkwasserdesinfektion ein. Strahlung wurde erstmals in der französischen Stadt Marseille zur Desinfektion eingesetzt, die erste zuverlässige Anwendung zur Desinfektion von städtischem Trinkwasser erfolgte jedoch erst 1955 in der Schweiz und in Österreich. Mit der Entdeckung chlorierter Desinfektionsnebenprodukte wurde die UV-Desinfektion vor allem in Norwegen und den Niederlanden populär.

Technisch – UV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 200 bis 300 nm zerstört nicht nur Bakterien, sondern auch deren Sporen, bei denen es sich normalerweise um

sehr resistente Bakterienformen handelt. Am wirksamsten ist UV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 254 nm bei einer minimalen effektiven Dosis von 400 J pro m². Die genannte Wellenlänge bezieht sich auf das Absorptionsmaximum von Nukleonsäuren, die durch UV-Strahlung zersetzt werden. Normales Glas absorbiert UV-Strahlung, daher ist die Verwendung von reinem Quarzglas erforderlich. Hochdruckentladungslampen geben wirksamere UV-Strahlung ab, sind aber auch energieintensiver. UV-Lampen werden meist senkrecht zum Wasserfluss ausgerichtet, was den Vorteil einer wesentlich gleichmäßigeren Verteilung der UV-Strahlungsintensität im Inneren des Geräts hat.

3.9.2.1 Ozonierung

Bedeutung

Prinzip

„Erfasstes“ Material

hygienische Wasserversorgung, Oxidation organischer Stoffe
Ozon = „aktiver Sauerstoff“, ein starkes Oxidationsmittel

Stoffe, die den Geruch und Geschmack von
Wassermikroorganismen negativ beeinflussen

Die Ozonung ist eine der wirksamsten Formen der hygienischen Wassersicherung und eine kurze Kontaktzeit mit dem Wasser reicht aus. Ein großer Vorteil besteht darin, dass keine halogenierten Desinfektionsnebenprodukte (mit Ausnahme von Brom) entstehen. Ein weiterer Vorteil ist die Fähigkeit, ansonsten problematische Stoffe wie Medikamente und Pestizide im Wasser abzubauen. Im Gegensatz zu Chlor verändert es auch nicht den Geschmack des Wassers. Aufgrund seiner geringen Stabilität in der unteren Atmosphäre muss Ozon direkt in einer Wasseraufbereitungsanlage erzeugt werden und wird aus Luft oder reinem Sauerstoff erzeugt, der einer hohen elektrischen Entladung ausgesetzt wird. Der Nachteil ist seine energieintensive Herstellung, Verteilung in Wasser, geringe Stabilität des entstehenden Gases und seine korrosiv-aggressive Wirkung. Darüber hinaus ist es kein geeignetes Desinfektionsmittel für Wasser mit einem hohen Gehalt an Bromidanionen (Bildung krebserregender Bromate).

Kurios: Betrieb des Wasserversorgungssystems ohne Abgabe von Desinfektionsmittel. Vor allem in Westeuropa, aber auch in einigen Wasserversorgungssystemen der Tschechischen Republik zeichnet sich ein Betrieb ohne Desinfektionsmittel ab. Dieses Vorgehen ist möglich und wird von den Kunden gefordert. Es erfordert jedoch eine gewisse Änderung der Herangehensweise. Die Kläranlage, das Wasserversorgungsnetz und der Wasserspeicher müssen in einwandfreiem technischen Zustand sein und mit Luftfilterung und anderen Maßnahmen zur Vermeidung von Wasserverschmutzung ausgestattet sein. Gleichzeitig empfiehlt es sich, die Intensität der Verkehrskontrolle zu erhöhen. Die meisten Wasserleitungen in der Tschechischen Republik wurden vor mehr als dreißig Jahren gebaut und ihr technischer Stand entspricht dem damaligen Stand. Dies bedeutet nicht, dass das Wasser in irgendeiner Weise bedenklich ist, für einen „chlorfreien“ Betrieb ist

jedoch ein etwas höherer Wert erforderlich. Hier muss man sich darüber im Klaren sein, dass Trinkwasser keine sterile Umgebung ist und wenn Mikroorganismen geeignete Bedingungen für ihr Wachstum vorfinden, zum Beispiel geeignetes Rohrmaterial, ein Ort, an dem das Wasser stagniert, ein Ort mit Sedimenten, beginnen sie sich zu vermehren und können die Qualität des Wassers beeinträchtigen. Eine Desinfektion verhindert dies zuverlässig. Die zweite Option ist eine komplette Erneuerung des Netzes und dessen Anpassung an aktuelle Standards.

3.10 Stabilisierung (Kalzium-Karbonat-Gleichgewicht)

Bedeutung	Wasserstabilisierung in Rohrleitungen
Prinzip	Dosierung von Kalzium, um ein Kalzium-Karbonat-Gleichgewicht zu erreichen
Betroffener Parameter	Kalzium, Härte, KNK

Dieser Teil der Aufbereitung ist in der Regel nur ein Teil großer Wasseraufbereitungsanlagen und in der Laienöffentlichkeit wenig bekannt, obwohl er aus technischer Sicht einer der grundlegendsten Schritte ist. Das Kalzium-Karbonat-Gleichgewicht bestimmt, wie aggressiv das Wasser gegenüber der Rohrleitung ist (sekundäre Verunreinigung des Wassers mit Eisen aus dem gelösten Material der Rohrleitung kann auftreten) bzw. wie sich im Gegenteil CaCO_3 (Kalziumkarbonat, Kalkstein) in der Rohrleitung verkrustet. Dabei handelt es sich um die letzte Feinabstimmung der Wasserqualität, weshalb uns dieser Schritt erst ganz am Ende der technologischen Linie begegnet.

Die Berechnung dieses Gleichgewichts selbst ist ziemlich anspruchsvoll, da es aus sechs unabhängigen Gleichungen besteht und Technologen meist Computerprogramme verwenden. Wenn das Gleichgewicht erreicht ist, gilt das Wasser als stabil.

An dieser Stelle der Exkursion können Sie auch Informationen über die Härte des Wassers und deren Einfluss beispielsweise auf den Geschmack und Verschmutzungen in technischen Geräten, wie in den obigen Kapiteln erwähnt, erzählen.

ZŠ: *Im Wasser gibt es Kalzium, Kohlendioxid und seine Formen, die im Gleichgewicht sein müssen – ist das Gleichgewicht gestört, löst entweder das Wasser die Rohre auf oder es schlägt sich umgekehrt Kalkstein an den Wänden der Rohre nieder, was zu technischen Problemen in den Rohren führt.*

SS: *In Wasseraufbereitungsanlagen gibt es zwei Methoden der Kalkdosierung: Kalkmilch und Kalkwasser. Beides sind Lösungen von Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$, aber die erste liegt in Form einer Suspension vor (es ist keine echte Lösung, sondern ungelöste kolloidale Hydroxidpartikel in Wasser, Kalkwasser ist wirklich eine Lösung (es kommt in sogenannten Drosseln vor). Sie können den Unterschied zwischen diesen beiden Begriffen als Frage für die Teilnehmer der Exkursion verwenden. Wir können auch auf eine einfache pH-Wert-Einstellung mit Natriumsalzen oder sogar Natriumhydroxid stoßen.*

Neugierig: *Kalkmilch kann auch zu Beginn der Technologie dosiert werden, da sie bei der Sedimentation helfen kann (durch die schweren kolloidalen Partikel werden andere unlösliche Partikel schwerer und sie sedimentieren dann schneller und effizienter).*

3.11 Membrantechnologie

Bedeutung	Moderne hocheffiziente Trennmethode
Prinzip	Abhängig von der Größe der Membranporen – Entfernung unterschiedlichster Stoffe (Kolloide, Ionen, Mikroorganismen) Mechanische Filterung, bei der eine semipermeable Membran als physikalische Barriere dient Der Druckunterschied über der Membran (oben und unten) ist die treibende Kraft hinter der Trennung
Betroffener Parameter	Ein Filterkuchen, der Verunreinigungen enthält, die nicht durch die Poren der Membran gelangen.

Membranverfahren lassen sich in viele Kategorien einteilen, Druckmembranverfahren sind jedoch besonders wichtig für die Aufbereitung von Wasser zu Trinkwasser. Grundsätzlich gibt es vier Arten von Technologien: Mikrofiltration (MF), Ultrafiltration (UF), Nanofiltration (NF) und Umkehrosmose (RO). Das Prinzip ist bei allen Technologien gleich, der Unterschied liegt in der Größe der Poren, die auch mit der Größe des ausgeübten Drucks zusammenhängt. Eine kleinere Porengröße bedeutet eine höhere Wasserqualität. Allerdings gilt: Je kleiner die Poren, desto mehr Kraft (Druck) muss aufgewendet werden und vor allem verstopft die Membran schneller (der größere Teil des Schmutzes bleibt zurück). Wenn die Membran verschmutzt ist, ist eine Rückspülung erforderlich. Die Häufigkeit des Waschens wird von mehreren Faktoren beeinflusst, vor allem von der Qualität des Zulaufwassers und dem Alter der Membran. Membrantrennungen gehen häufig andere mechanische Vorbehandlungen voraus, die dazu beitragen, die Wasserqualität vor dem Eintritt in die Membran zu verbessern und vor mechanischen Schäden zu schützen.

ZS: Was stellen sich Kinder unter dem Wort Membran vor? Wo haben sie diesen Begriff gehört? Wie funktioniert unsere Haut? Versuchen Sie, eine Definition einer Membran zusammenzustellen (ein Material, das eine Schnittstelle zwischen Umgebungen bildet und diese somit trennt – eine physische Barriere). Denken Sie weiter über die Haut nach. Haben Kinder schon einmal von Poren gehört? Was genau sind Poren? Auch die hier verwendete Membran verfügt über Poren, durch die bestimmte Stoffe hindurchtreten können. Insbesondere Stoffe, die kleiner als Poren sind. Je kleiner die Poren, desto länger würde es dauern, bis Wasser durch die Membran fließt. Aber wir nutzen eine Druckkraft, die uns hilft, das Wasser schneller durchzudrücken. Die Membran funktioniert wie ein Sieb und was nicht passiert, sammelt sich darauf. Damit die Membran ordnungsgemäß funktioniert, ist es notwendig, sie häufig zu waschen, um die anhaftenden Substanzen abzuwaschen.

SŠ: Was stellen sich Kinder unter dem Wort Membran vor? Was wissen Kinder über die Zellmembran? Was ist mit unserer Haut? Analog zur Lehre der Biologie lässt die Membran auch hier nur bestimmte Stoffe durch. Versuchen Sie, eine Definition einer Membran zusammenzustellen (ein Material, das eine Schnittstelle zwischen Umgebungen bildet und diese somit trennt – eine physische Barriere). Denken Sie weiter über die Haut nach. Haben Kinder schon einmal von Poren gehört? Was genau sind Poren? Viel Spaß beim Nachdenken darüber, welche Stoffe die Membranporen durchlassen.

Kurios: Membranen können anorganisch (Keramik) oder organisch (synthetisch) sein. Am häufigsten werden organische Membranen verwendet, und nicht alle Membranen sind porös. Es wird auch angeboten, die Bedeutung von Membrantechnologien am Beispiel der Meerwasserentsalzung durch Umkehrosmose hervorzuheben. Eines der Länder, die von der genannten Technologie abhängig sind, ist Israel. Israel bezieht etwa drei Viertel seines Trinkwassers aus dem Meer.

3.12 Schlammmanagement

Bedeutung	Eindickung von Schlamm (Verunreinigungen) aus der Wasseraufbereitung
Prinzip	Schlamm Entsorgung Durch Gravitation (Absetzen) oder mechanische (maschinelle) Entfernung von Wasser aus Schlamm.
Betroffener Parameter	Eingedickter Wasserschlamm

Auf das Thema Schlammaufbereitung muss im Rahmen der Exkursion nicht viel Zeit aufgewendet werden, da es sich eher um ein Aschenputtel unter den Wasserwerksprozessen handelt. Es wäre jedoch angebracht zu betonen, dass auch die Wasseraufbereitung nicht ohne Abfall ist, der dann ordnungsgemäß entsorgt werden muss. Darüber hinaus ist es gut zu betonen, dass sich der Charakter des Schlammes deutlich von dem einer Kläranlage unterscheidet, die sie vielleicht von einer anderen Exkursion kennen. Es ist also kein Schlamm wie Schlamm.

Im Wasserschlamm überwiegen anorganische Bestandteile. Darüber hinaus enthält Wasserschlamm bis zu 99 % Wasser, und daher besteht der Aufwand darin, vor der weiteren Behandlung des Schlammes zumindest einen proportionalen Teil des Wassers zu entfernen. Der Schlamm wird entweder direkt in der Kläranlage aufbereitet oder der Schlamm wird zusammen mit dem Abwasser über die Kanalisation abgeleitet. Wenn Abwasser verwendet wird, wird es in der nächstgelegenen Kläranlage entsorgt.

Schlamm lagunen sind eine allgemein verwendete Lösung zur Verarbeitung von Schlamm direkt in Kläranlagen. Dabei handelt es sich um Becken mit langer Verweilzeit, in denen sich Schlamm ablagert. Die meisten Kläranlagen nutzen zwei solcher Tanks im Stand-by-Modus, d. h. einer ist gefüllt und im anderen findet die Sedimentation ungestört statt. Das Wasser wird nach der Sedimentation in den Schlammteichen in den Gewässerlauf eingeleitet und der Schlamm weiterverarbeitet. Heutzutage ist der Bedarf an Chemikalien für die Behandlung deutlich höher und damit verbunden ist auch eine größere Menge an Abfall – Schlamm. Da ein großer Teil der Kläranlagen eine lange Geschichte hat, sind die Tanks oft nicht für diese Änderung dimensioniert. Aus diesem Grund mussten neue und kreativere Lösungen gefunden werden. Im Zusammenhang mit ÚV Želivka, unserem größten Verarbeitungsbetrieb in der Tschechischen Republik, entstand das Konzept der sogenannten Lagertanks. Und in Fällen, in denen eine einfachere Lösung nicht möglich ist, kommt die mechanische Entwässerung zum Einsatz.

4 Nach dem Ausflug

Wie man mit Informationen aus der Exkursion arbeitet. Bewertung von Aufgaben, Wiederholung einiger Kenntnisse und Wiederbelebung von Erkenntnissen, Einordnung der Exkursion und Informationen in einen größeren Kontext.

Die Umsetzung weiterer schulischer Aktivitäten im Anschluss an die Exkursion ist sehr anspruchsvoll – Schulstudienpläne und andere außerschulische Aktivitäten sind so voll, dass ein Nachfolgeprogramm praktisch unmöglich ist. In manchen Schulen gehört jedoch zu den Exkursionen auch ein anschließendes „Exkursionsprotokoll“, in dem die Schüler grundlegende Informationen aufschreiben. An weiterführenden Schulen besteht die Möglichkeit, im Anschluss Seminar- und Abschlussarbeiten im Bereich Wasserwirtschaft anzubieten (wir empfehlen, direkt bei den Lehrkräften nachzufragen – es gibt nur sehr wenige sinnvolle Themen, insbesondere in Regionen außerhalb von Prag), bei berufsbildenden Schulen die Möglichkeit einer Praxis oder eines Praktikums (in vielen Fällen obligatorisch).

Die Zusammenfassung der grundlegenden Informationen, die die Studierenden aus der Exkursion mitnehmen sollten, sollte am Ende der Exkursion selbst erfolgen, während die Teilnehmer sich orientieren und die Möglichkeit haben, Fragen zu stellen. Dies gilt jedoch nicht nur für Lehrer. Was Ausflugsanbieter zur Festigung neuer Informationen beitragen können, ist eine kurze Wiederholung am Ende. Hier wird die Verwendung des Behandlungsschemas angeboten, um die Geschichte des Wassers zu wiederholen und zu erläutern, was in welchem Stadium entfernt wird und warum es notwendig ist, diese Substanzen loszuwerden. Bei der Wiederholung können weitere Fragen und Unklarheiten seitens der Teilnehmer entstehen. Es ist auch eine gute Idee, den Teilnehmern Folgefragen zu stellen, um sicherzustellen, dass sie den Punkt rüberbringen.

Wenn das Ausfüllen von Arbeitsblättern Teil der Exkursion war, ist es natürlich notwendig, diese Arbeitsblätter auszuwerten – allerdings obliegt dieser Teil eher den Lehrkräften der Schule, denen Sie die richtigen Antworten für Ihren konkreten Einsatz geben.

Ihre Reflexion über den Ausflug selbst und seine weitere mögliche Verbesserung sollte jedoch nicht vergessen werden. Das erste Feedback erhalten Sie direkt vor Ort – sind die Teilnehmer aufmerksam? Macht ihnen eine Rolle mehr Spaß als andere? Möchten sie sich die Wasserquelle ansehen, auch wenn diese recht weit entfernt ist und Sie gar nicht erst dorthin wollten? Man muss sich darüber im Klaren sein, dass das Programm hauptsächlich für die Teilnehmer gedacht ist und auch wenn man nicht so viele Informationen vermittelt, wie man möchte, es ihnen aber mehr Spaß macht, ist es notwendig, das Programm zu modifizieren. Jede Gruppe ist vielfältig und es ist gut, mit ihr zusammenzuarbeiten, sie wahrzunehmen und angemessen zu reagieren. Manchmal kommen wir um Improvisation nicht herum.

Selbstverständlich ist auch der Einsatz klassischer Feedback-Fragebögen durchaus möglich, allerdings dürfte der Einsatz für diesen Zweck umstritten sein. Besser ist es, die Frage direkt an den pädagogischen Mitarbeiter zu richten, der bei der Exkursion anwesend sein wird, da er oder sie diese Zielgruppe am besten kennt. Es gilt zu erkennen und ggf. zu ändern, was die Studierenden wussten, was sie nicht wussten, was sie überraschte und was sie am meisten interessierte – ob lustige Geschichten aus der Praxis interessant waren oder nicht.

Gleichzeitig empfehlen wir, sofern vorhanden, eine Zusammenarbeit mit der PR-Abteilung Ihres Unternehmens – ein Artikel auf der Website und in sozialen Netzwerken über die Exkursion verbessert nicht nur die Meinung des Unternehmens, sondern kann auch andere Schulen in der Nähe für die Möglichkeit einer Exkursion interessieren.

5 Links und zusätzliche Informationen

Obwohl wir versucht haben, dieses Material so umfassend zu verfassen, dass es nicht notwendig ist, weiter nach allgemeinen Informationen zu suchen, ist es möglich, dass wir aufgrund der Bandbreite möglicher Technologien einige nicht vollständig erklärt haben oder Sie vielleicht über einige Teile mehr erfahren möchten. Auf dieser Seite möchten wir Ihnen einen Leitfaden zu weiteren Informationsquellen geben.

Allgemeine Ressourcen

- Wasserwirtschaftswörterbuch (zum Beispiel <https://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodohospodarsky-slovník/> oder anderswo im Internet)
- Hygieneminimum für Arbeitnehmer in der Wasserwirtschaft (aktuelle Version auf der Website des Landesgesundheitsinstituts)

Quellen für Experteninformationen zu Technologien und Substanzen im Wasser

- Hydrochemie, Autor: Pavel Pitter (in vielen Ausgaben), verfügbar in der Digital Library
- Methodische Empfehlungen und Stellungnahmen des State Institute of Health (Nationales Referenzzentrum für Trinkwasser)

Informationsquellen zu bestimmten Systemen

Aus eigener Erfahrung wissen wir, dass es in vielen Fällen nicht genügend Informationen über Wasserquellen, Kläranlagen oder Stauseen und Wasserleitungen gibt und die Guides die Teilnehmer nicht über die Besonderheiten des jeweiligen Ortes informieren können. Aus verständlichen Gründen können wir Ihnen nicht für jede Gemeinde in der Tschechischen Republik eine Liste mit Ressourcen zur Verfügung stellen. Nachfolgend stellen wir Ihnen jedoch Dokumente vor, die Sie durchsehen und aus denen Sie schöpfen können:

- Betriebsordnung des Wasserversorgungssystems (verbindliches Dokument für jedes System)
- Betriebsordnung der Wasseraufbereitungsanlage
- Informationen innerhalb der Systeme PRVaK, PRVAK und PRVK (Plan für die Entwicklung von Wasserversorgungs- und Abwassersystemen), die von jeder Selbstverwaltungsregion verarbeitet werden und im Internet frei verfügbar sind
- Informationen zum Geoportal der lokal relevanten Region (für Wasserressourcenschutzzonen), alternativ können Sie die Kartendienste von VÚV TGM, v. v. i. nutzen. oder Bauernportal
- Unterlagen im örtlich zuständigen Landesbezirksarchiv (meist Wasserwirtschaftsfonds)
- örtlich relevante Chroniken (achten Sie auf die Zusammenschlüsse und Teilungen von Gemeinden im Laufe der Geschichte, insbesondere in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts!), die in vielen Fällen im Internet zugänglich sind

6 Anhang: Formular zur Informationsbeschaffung über die Wasseraufbereitungsanlage

Dieses Formular kann Ihnen dabei helfen, Informationen für die Exkursion vorzubereiten und enthält Felder für alle Informationen, die entweder während der Exkursion gehört werden sollen oder mit hoher Wahrscheinlichkeit in den Fragen der Teilnehmer enthalten sein werden.

Name der Wasseraufbereitungsanlage				
Jahr des Baus/Umbaus der Zentrale	Wasserproduktion pro Sekunde	Wasserproduktion pro Tag	Wasserproduktion pro Jahr	Prozentsatz der Wasserverluste im Netzwerk
die Zahl der versorgten Einwohner		versorgte Kommunen		
die Anzahl der Mitarbeiter in der Zentrale	Anzahl der Mitarbeiter des Unternehmens	Stromverbrauch pro 1 m ³	Stromverbrauch pro Tag	Stromverbrauch pro Jahr
Preis für Wasser pro 1m ³		Länge des Wasserversorgungsnetzes und Material		
Problemparameter von Rohwasser und technologische Schritte zu deren Lösung		Beschreibung der Ressourcen (für Brunnen, Tiefe, Typ, deklarierte Schutzzonen)		
		Liste und Konzentration der abgegebenen Chemikalien		
Stil der Schlammmanagementlösung (Lagunen, Abwasserkanäle, Empfänger...)				Anzahl der Abonnements a Wasserproben pro Jahr
Angaben zum Eigentümer und Betreiber der Wasseraufbereitungsanlage und des Wasserversorgungsnetzes, bei Unternehmen das Herkunftsland des Unternehmens				

Bereiten Sie auf der anderen Seite des Blattes ein technologisches Diagramm der Wasseraufbereitungsanlage und ein Diagramm des gesamten Wasserversorgungssystems (einschließlich der Größe der Stauseen) vor, möglicherweise auch

eine Skizze der Route, auf der Sie die Exkursion durchführen werden, einschließlich des Zeitrahmens und aller wichtigen Informationen.