

Technische Universität Dresden
Zentrum für Lehrerbildung, Schul- und Berufsbildungsforschung
Synergetische Lehrerbildung im exzellenten Rahmen
TP8: Außerschulische Lernorte in der Lernlandschaft Sachsen
Dozent:innen: Darius Mertlik und Hanna Janßen

Beleg zum Seminar

Außerschulisches Lernen in der
Lernlandschaft Dresden

Name, Vorname	Beutel, Paul
Studiengang/Fächer	LA Gymnasium Mathe, Chemie
Fachsemester	10
Matrikelnummer	4780357
E-Mail-Adresse	paul.beutel@mailbox.tu-dresden.de
Name, Vorname	Melzer, Eric
Studiengang/Fächer	LA Gymnasium Geographie, Geschichte
Fachsemester	8
Matrikelnummer	4855017
E-Mail-Adresse	eric.melzer@mailbox.tu-dresden.de

Inhaltsverzeichnis

1. <u>SOCIO SCIENTIFIC ISSUE</u>	2
2. <u>PASSUNG DES AUSGEWÄHLTEN AUßERSCHULISCHEN LERNORTES</u>	4
3. <u>POTENZIALANALYSE</u>	5
4. <u>UNTERRICHTSKONZEPT</u>	10
4.1. RAHMENDATEN KONZEPT	10
4.2. KOMPETENZORIENTIERTE LEHRZIELE.....	11
4.3. FÄCHERÜBERGREIFENDE PROBLEMSTELLUNG.....	12
4.4. LEHRPLANANKNÜPFUNG.....	13
4.5. VORWISSEN	13
4.5.1. CHEMIE.....	13
4.5.2. GEOGRAPHIE.....	15
4.6. VERLAUFSPLAN	17
4.7. DIDAKTISCH-METHODISCHE BEGRÜNDUNG.....	21
5. <u>IDEEN FÜR DIE WEITERARBEIT AN DER SCHULE</u>	24
5.1. IDEE I.....	24
5.2. IDEE II	24
6. <u>ANHANG</u>	26
6.1. MATERIALIEN	26
6.1.1. RECHERCHEMAPPE	26
6.1.2. FOLIEN FÜR DIE STUNDE	32
6.1.3. LINK FÜR DIE ERWARTUNGSBILDER	33
6.2. LITERATURVERZEICHNIS	33
6.3. SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....	35
6.4. WEITERGABEERLAUBNIS.....	35

1. Socio Scientific Issue

“Dresden. Die Belastung des Grundwassers mit Nitrat ist in Sachsen im vergangenen Jahr leicht gestiegen.” (Wolf, 2017) So lautet der erste Satz in einem Artikel der Sächsischen Zeitung vom 22.06.2017. Liest man sich den Artikel weiter durch, so wird beschrieben, dass an 30 % aller sächsischen Messstellen (vgl. ebd.) der Grenzwert für Nitrat überschritten wird. Vor allem in Gebieten, in denen eine erhöhte Anzahl von Tierbetrieben zu finden ist, liegen neun der zehn überschreitenden Messpunkte. Die Wasserverbände im Meißner Hochland und in Döbeln sehen aufgrund einer den Grenzwert überschreitenden Nitrat-Konzentration ernsthafte Probleme. Der Zweckverband Meißner Hochland muss sogar Wasser zukaufen. Hier werden auch gesellschaftliche Probleme angesprochen: „Es kann nicht sein, dass der Gewinn aus dem Anbau von Monokulturen bei den Landwirten bleibt und der Grundwasserschaden daraus sozialisiert wird.“ (ebd.) - von den Umweltproblemen, die eine starke Nitratbelastung mit sich bringt, ganz abgesehen.

Im Folgenden soll nun begründet werden, warum sich dieses Socio-Scientific-Issue für die Bearbeitung eignet.

Schüler:innen - alle Menschen - nutzen täglich Unmengen an Wasser. Wasser ist omnipräsent im Alltag aller Lebewesen. Ohne Wasser wäre ein Leben nicht möglich, da alle Lebewesen es als großen Bestandteil ihrer mikroskopischen Struktur aufweisen. Jedoch macht man sich nur selten Gedanken darüber, wenn man den Wasserhahn aufdreht, dass Wasser nicht gleich Wasser ist. Unzählige Stoffe sind im Wasser gelöst. Dazu zählen zum Beispiel Salze. Einige verändern “nur” den Geschmack des Wassers, andere sind bei übermäßigem Konsum gesundheitsschädlich. Dazu zählen zum Beispiel auch jegliche Formen von Nitratsalzen, die auf natürliche und anthropogene Weise in das Wasser gelangen. In den meisten Fällen beachten wir jedoch die Inhaltsstoffe des Wassers nicht weiter. Oftmals haben diese aber, vor allem wenn Grenzwerte überschritten werden, massive Auswirkungen auf den Mensch und die Umwelt. Da in den meisten Fällen einfach die Berührungspunkte damit zu gering sind, ist das Thema nicht in Berührungshorizont der Kinder enthalten. Somit ist es wichtig, die Schüler:innen über das Thema aufzuklären und sie mit den Auswirkungen von Nitrat im Wasser vertraut zu machen. Ist einmal das Bewusstsein geschaffen, können sie ihr Wissen weitergeben und somit auch indirekt dafür sorgen, dass weniger Nitrat in das Wasser gelangt. Uns ist bewusst, dass durch das Projekt natürlich nicht der Nitratgehalt an den Messstellen sinkt. Jedoch können auch kleine Maßnahmen, wie Kauf von regionalen Produkten, vorzugsweise aus Bio-Anbau helfen, Monokulturen und Massentierhaltung, die einen erheblichen Nitrat-Eintrag (ebd.) aufweisen, zu minimieren.

Das SSI integriert Dimensionen nachhaltiger Entwicklung. Begonnen werden soll mit dem Ziel 2 “Kein Hunger”. Nur sauberes Wasser dient den Lebewesen der Erde zum Trinken und zur Zubereitung von Nahrung. Dadurch, dass daraus Fragen folgen, wie man Wasser

sauber halten kann und welche Maßnahmen getroffen werden können, um verschmutztes Wasser zu reinigen, ist diese Dimension integriert. Auch der Punkt 3 "Gesundheit und Wohlergehen" wird mit diesem SSI einbezogen. Verbindungen, die Stickstoff enthalten, z. B. eben das Nitrat, haben einen Einfluss auf die Gesundheit. Durch Reduktion im Körper entsteht Nitrit, welches den Blutfarbstoff Hämoglobin negativ beeinflusst. (Gerhard, 2022) Allgemein ist sauberes Wasser für Hygienetätigkeiten wichtig, um Krankheiten zu vermeiden. Nur wenn das Wasser sauber und nicht schadstoffbelastet ist, kann es helfen, der Gesundheit und dem Wohlergehen beizutragen. Punkt 14 und 15 "Leben an Land" und "Leben unter Wasser" sind auch integriert. Hier ist vor allem der Begriff der Eutrophierung anzubringen. "Ausgelöst wird Eutrophierung durch menschliche Aktivitäten, die zu einer Anreicherung von Nährstoffen in ursprünglich nährstoffarmen Gewässern führen. Algen und Wasserpflanzen können dann übermäßig wachsen und entziehen anderen Pflanzenarten, vielen Kleinlebewesen und Tieren die Lebensgrundlage." (Umweltbundesamt, 2021) Mit dem Fakt, dass auch Nitrat Gewässer und somit Lebewesen beeinflusst, werden die Schüler:innen während des Projekts konfrontiert. Der Begriff "Grundwasserschaden" im ausformulierten SSI deutet darauf hin.

Auch die Offenheit des SSI ist gewährleistet. Vor allem der letzte Satzabschnitt: "von den Umweltproblemen, die eine starke Nitrat-Belastung mit sich bringt, ganz abgesehen" soll die Schüler:innen dazu anregen, die zugehörige Wissenslücke zu erkennen und somit eine Anregung schaffen, sich selbst in verschiedenen Richtungen mit dem Thema zu beschäftigen. Auch werden im SSI mehrfach Auswirkungen genannt, aber nicht konkret. Somit können sich die Lernenden entweder allgemein mit mehreren Auswirkungen oder mit speziellen Problemen auseinandersetzen. Eine Vorgabe wird erst dann in der Aufgabenstellung des Projekts genannt.

Das SSI nimmt Bezug auf chemische und geographische Inhalte. Einerseits stellen sich Fragen, wie Aufbau und Vorkommen des Nitrats, die Möglichkeit von quantitativen und qualitativen Messverfahren, Probenahme und Ähnliches als chemische Bezugspunkte. Jedoch ist auch die Auswirkung auf das Mensch-Umwelt-System enthalten. Ein Blick auf gewisse Standortfaktoren verweist wieder auf den geographischen Inhalt.

Somit ist das oben niedergeschriebene Socio-Scientific-Issue geeignet, sich mit dem Projekt auseinanderzusetzen.

2. Passung des ausgewählten außerschulischen Lernortes

Wir haben uns für eine Exkursion in das Klärwerk Dresden entschieden. Die Stadtentwässerung Dresden unterhält mehrere Messpunkte im zugehörigen 1850 km langen Kanalnetz (Stadtentwässerung Dresden, 2023). Wichtige Wasserparameter werden nahezu stündlich überwacht und ausgewertet, sodass die Relevanz auch der im SSI angesprochenen Nitratkonzentration bewusst wird.

Der Vorteil der Kläranlage ist, dass es einen primären und sekundären Lernort kombiniert (Pospiech et al., 2020, S.34). Einerseits ist die Kläranlage als großtechnische Anlage ein sekundärer Lernort, der nicht ursprünglich zum Lernen konzipiert ist. Andererseits stellt das angegliederte Lernlabor "Aquamundi" einen primären Lernort dar. Die räumlichen Gegebenheiten sowie das Personal sind auf Schüler:innen spezialisiert und in der Lage, didaktisch wertvolle Sequenzen durchzuführen. Die Angebote und das Material der Kläranlage sind didaktisch gut aufbereitet und haben den Vorteil, dass sie den Lehrer:innen Arbeit abnehmen, da die Themen oft inhaltlich gut ausgearbeitet sind. Des Weiteren verbindet der Besuch der Kläranlage direkte und indirekte Begegnungen (Pospiech et al., 2020, S. 35) Einerseits treten die Schüler:innen "[...] mit der Realität in Kontakt" (Friedhelm Frank, 1999, S.15), indem sie die realen Abläufe in der Kläranlage beobachten können. Andererseits wird "[d]er Lerngegenstand [den Schüler:innen] über die Einbindung von Medien vermittelt" (ebd.).

Im April 2023 konnten wir selbst die Kläranlage Dresden besuchen und somit feststellen, dass unser gewähltes SSI auch am Lernort aufgegriffen wird. Während der Führung durch die technische Anlage hat uns Herr Perkams immer wieder auf das Problem der Schadstoffbelastung von Wasser (ortsbezogen natürlich vor allem vom Abwasser) berichtet. Informationen zu den Messstellen, den Messintervallen und mögliche Aufklärungen von Umweltsünden von Unternehmen im Einzugsgebiet der Kläranlage wurden angesprochen. Jedoch sprachen wir auch über natürliche Prozesse, wie den Nitratreintrag im Abwasser, der durch Ausscheidungen von Lebewesen (z. B. Urin) entstehen kann, die zu einer Verunreinigung von Wasser führen können. Weiterhin besprachen wir die Kosten-Nutzen-Frage einer Kläranlage und die notwendigen Prozesse, was auch gesellschaftliche Aspekte einbezieht. Im anschließenden Besuch des Klärwerks konnten wir einen Einblick in das angegliederte Lernlabor erlangen. Auch hier spielte das Thema des Nitrat-Eintrags eine große Rolle, vor allem in Bezug auf die Eutrophierung. Im geplanten Projekt werden die Schüler:innen den Gehalt von Ammonium-Ionen bestimmen, mit Hilfe von Teststäbchen soll dann auch der Nitratgehalt ermittelt werden. Somit kann die Kläranlage auch inhaltlich an das unter Aufgabe 1 aufgestellte SSI anknüpfen.

3. Potenzialanalyse

Vor den Lernortbesuchen

Analyse des Raumes

Welche Socio-Scientific-Issues (SSI) können in Dresden identifiziert werden?

- Elbe als sauberes oder verschmutztes Gewässer
- Dresden als Schwammstadt zur Sicherung der Wasserversorgung
- Prägung von Menschen und des Stadtbilds einer ehemaligen Stadt in der DDR
- Auswirkungen von Umweltkatastrophen auf die Infrastruktur und Versorgungssicherheit in und um Dresden
- Einflussnahme und Bedeutung des Ballungsraum Dresden auf bzw. für die umgebenden Gebiete

Recherche zu konkreten Lernorten

Welche regionalen außerschulischen Lernorte greifen die SSI möglicherweise thematisch auf und warum?

SSI	Regionaler Lernort	Begründung
Nitratbelastung von (Grund-)Wasser und dessen Beseitigung	Kläranlage Dresden	spezielles Projekt für Eutrophierung und Schadstoffe im (Ab-)Wasser; Kennenlernen, wie Schadstoffe mit Hilfe von mechanischer und biologischer Reinigungsstufe entfernt werden können

Da von Anfang an klar war, dass ein Projekt in der Kläranlage durchgeführt werden soll, wurde die Recherche auf diese beschränkt.

Am Lernort

Rahmendaten

Name des ASL	
Kontakt (Adresse, Telefon, Website)	Kläranlage Dresden Kaditz Scharfenberger Str. 152, 01139 Dresden www.stadtentwaesserung-dresden.de Schülerlabor: 0351/8222020 (Sebastian Perkams)
Erreichbarkeit	Haltestelle Werftstraße (Linie 80, 70, 79)
Aufbau der Ausstellung	Der Besuch besteht aus einer Führung durch die verschiedenen Reinigungsstufen der Kläranlage und anschließendem Besuch des Schülerlabors mit unterschiedlichen Angeboten.
Barrierefreiheit (barrierefreier Zugang, Sehvermögen, leichte Sprache, Hörvermögen)	Schülerlabor ist barrierefrei, Kläranlage selbst nur anteilig (Idee: Hier könnten die Schüler:innen im Bedarfsfall Fotos/Videos machen und dann der betreffenden Person zeigen, einige Anlagen sehr laut -> Sprache schwer zu verstehen)
Besonderheiten/ Sonstiges	Das Lernlabor der Kläranlage ist sehr gut besucht. Deshalb sollte rechtzeitig vor der Exkursion ein Termin vereinbart werden. Dies funktioniert ganz einfach über die Website der Kläranlage (https://www.stadtentwaesserung-dresden.de/wasserwelten/schuelerlabor-aquamundi/projekttag-anfrage/)

(Stadtentwässerung Dresden, 2023)

Pädagogische Angebote

bestehende Angebote für Schulen		
Name des Angebots	Zielgruppe (Klassenstufe)	Kurze inhaltliche Beschreibung
Verblüffende Experimente: Eigenschaften des Wassers	3 bis 4	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung verschiedener Experimente, v. a. schwimmen und sinken • Wasserkreislauf, Aggregatzustände des Wassers • Gut geeignet laut eigener Aussage als Einstieg in das Thema Wasser und das Thema Experimentieren
Wasserreinigung: Braune Brühe wird klares Wasser	3 bis 4	<ul style="list-style-type: none"> • Experimente zu den Reinigungsstufen der Kläranlage • Rundgang durch die Kläranlage
Was(s)erKLÄREN: Braune Brühe wird klares Wasser.	5 bis 9	<ul style="list-style-type: none"> • Experimente zu den Reinigungsstufen der Kläranlage • Rundgang durch die Kläranlage • Stoffeigenschaften, Trennmethode • Mikroschadstoffe, wie Textilfasern, Arzneimittel • Sensibilisierung für umweltverträgliches und nachhaltiges Handeln • Mikroorganismen im Klärschlamm
Was(s)erPROBEN – Abwasserreinigung und ihre kritischen Parameter	9 bis 12	<ul style="list-style-type: none"> • Große Führung durch die Kläranlage • Wasserbeprobung auf Ammonium, Nitrat und Phosphat • Eutrophierung • Stickstoff, Kohlenstoff, Phosphor, Mikroschadstoffe (z. B. Plastik) als Schadstoffe im (Ab-)Wasser • Ableiten von ökotoxikologischer Folgen

(Stadtentwässerung Dresden, 2023)

Konkretisierung von Potentialen

Welche konkreten Potentiale (und Herausforderungen) des außerschulischen Lernens bietet der Lernort?

Potential	X	Erläuterung
Öffnung des Schulunterrichts	X	<ul style="list-style-type: none"> • Einbezug der großtechnischen Anlage als eigenen Lernraum • Alternative Lernmethoden durch die verschiedenen Angebote der Kläranlage • Sammlung von direkten Erfahrungen mit der Abwasserreinigung i. S. einer originalen Begegnung (Pospiech et al., 2020, S. 26)
Lebensweltbezug	X	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung von sauberem Wasser • Eigene Verhaltensweisen und deren Beeinflussung der Abwasseraufbereitung (z. B. feuchtes Toilettenpapier als Kostensteigerung der Wasserklärung) • Einfluss von Schadstoffen auf die Umwelt und das Mensch-Umwelt-System
Wissenschaftsbezug	X	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentieren im Labor • Wissenschaftliche Erklärung der Arbeitsschritte, Kennenlernen von chemischen und physikalischen Trennverfahren
regionale Identität und gesellschaftliche Teilhabe	X	<ul style="list-style-type: none"> • Einschätzen der Bedeutung der Kläranlage für die Elbe • Einschätzung der Bedeutung der Kläranlage für die angeschlossenen Gebiete
Primärerfahrungen	X	<ul style="list-style-type: none"> • Interaktion mit den Prozessen der Kläranlage: Sehen, Riechen (sehr eindrucksvoll), hören • Mikroskopieren des Klärschlammes
Expert:innen-Laien-Kommunikation	X	<ul style="list-style-type: none"> • Führer:innen als Mitarbeitende der Kläranlage mit Fachwissen als Ansprechperson, didaktische Sensibilisierung
Fächerübergreifende Lerninhalte	X	<ul style="list-style-type: none"> • Methoden der Abwasserreinigung • Standort der Kläranlage • Chemisches Wissen großtechnisch gedacht • Bedeutung für die Umwelt • Ressourcennutzung der Kläranlage

Welche (evtl. neuen) SSI/Fragestellungen lassen sich am ASL wie thematisch aufgreifen?
 Welche fachlichen Inhalte werden durch das Thema angesprochen?
 Wo ist das entsprechende Thema bzw. der Fachinhalt im Lehrplan verortet?

SSI	Thema	Kompetenzen	Fachinhalte	Lehrplan
Nitratbelastung von (Grund-)Wasser und dessen Beseitigung	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrophierung • Wasserproben nehmen und Analysieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentieren • Gestalten von wissenschaftlichen Plakaten • Kommunizieren von wissenschaftlichen Themen • Präsentieren von Ergebnissen • Diskutieren von Ergebnissen • Raumanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrat als chemische Verbindung • Wasserkreislauf • Stickstoffkreislauf • Mensch-Umwelt-System • Trinkwasser in anderen Ländern 	Chemie Klasse 10 LB 3 und WB 2 Geographie Klasse 11 LB 4

Didaktisierung und Kontextualität

Welche Aspekte der Didaktisierung sind am Lernort vorhanden?

- Aufbereitete Erklärtafeln
- Altersgerechte und leicht verständliche Flyer
- Altersgerechte Führung durch die Anlage, wobei die Schüler:innen den Weg vom Abwasser zum sauberen Wasser chronologisch nachvollziehen können
- Materialien des Lernlabors sind an die verschiedenen Entwicklungsstufen der Schüler:innen angepasst, somit differenziert und verschiedene Themenschwerpunkte werden aufgegriffen

Inwiefern ist der Lernort kontextualisiert?

- Lehrinhalte werden in ursprünglichen Ausschnitt der Wirklichkeit eingebettet
- Begegnung mit der Wirklichkeit → Originale können betrachtet werden
- äußere Kontextualität liegt zwischen inszeniert und authentisch
- innere Kontextualität: authentische Problemstellungen werden besprochen

4. Unterrichtskonzept

4.1. Rahmendaten Konzept

Kurzübersicht Unterrichtskonzept	
Name des Konzepts	Der Weg des Stickstoffes im Wasser
Themen	Wasserreinigung, Funktionsweise eines Klärwerks, ionische Schadstoffe im Wasser, Ausblick in andere Länder
Lernort(e)	Klärwerk Dresden Kaditz
Zeitaufwand	2 Tage
Klassenstufe(n)	10 bzw. 11
Lehrplananbindung	Chemie Klasse 10 LB 3 und WB 2 Geographie Klasse 11 LB 4
Vorwissen	Redoxreaktionen, Salze, Experimentieren im Labor, Untersuchen von Stoffen
Benötigte Materialien	<ul style="list-style-type: none"> • iPads oder ausreichend Computer für die Recherche • ausgedruckte Recherchemappe (pro Gruppe eine)
Wichtige Infos	Das Lernlabor der Kläranlage ist sehr gut besucht. Deshalb sollte rechtzeitig vor der Exkursion ein Termin vereinbart werden. Dies funktioniert ganz einfach über die Website der Kläranlage (https://www.stadtentwaesserung-dresden.de/wasserwelten/schuelerlabor-aquamundi/projekttag-anfrage/).

4.2. Kompetenzorientierte Lehrziele

Lehrziele für Chemie

Wissen:

Die Schüler:innen erläutern mit Hilfe der Recherchemappe den Stickstoffkreislauf.

Die Schüler:innen beschreiben die chemischen Vorgänge bei der Klärung von Brauchwasser.

Kompetenzen:

Die Schüler:innen üben das chemische Experimentieren im Schülerlabor unter Beachtung der allgemeinen Experimentierregelungen.

Werte:

Die Schüler:innen bewerten mit Hilfe der Materialien und der Führung am außerschulischen Lernort die Folgen von Nitrat im Wasser für den Menschen.

Lehrziele Für Geographie

Wissen:

Die Schüler:innen beschreiben mit Hilfe der Recherchemappe den Wasserkreislauf.

Die Schüler:innen erörtern die Folgen einer zu hohen Nitratbelastung im Wasser für die Umwelt.

Kompetenzen:

Die Schüler:innen üben die Informationsgewinnung mit Hilfe von Sachtexten.

Werte:

Die Schüler:innen erläutern die Bedeutung für sauberes Trinkwasser für ihr alltägliches Leben, aber auch für die Menschen weltweit.

Die Schüler:innen diskutieren, wie sie selbst zu einer besseren Klärung im Klärwerk beitragen können.

Allgemeine Lernziele mit Bezug zur BNE

Wissen:

Die Schüler:innen beurteilen die Bedeutung der Abwasserreinigung für verschiedene Ziele der BNE, beispielsweise "Sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen, Leben unter Wasser, Nachhaltige Städte und Gemeinden, Nachhaltiger Konsum und Produktion"

Die Schüler:innen diskutieren die Folgen, welche ungereinigtes Trinkwasser für die Menschen und die Umwelt global haben könnte.

Kompetenzen:

Die Schüler:innen vertiefen bei der Arbeit im Lernlabor sowie bei der Bearbeitung der Plakate ihre sozialen Kompetenzen.

Die Schüler:innen üben das selbstständige Einteilen von Arbeitsphasen.

Werte:

Die Schüler:innen nehmen begründet Stellung zur Bedeutung von Klärwerken für ihr alltägliches Leben und für die Erreichung der Ziele für eine nachhaltige Entwicklung

4.3. Fächerübergreifende Problemstellung

Gestalten Sie in Ihrer Projektgruppe ein A0-Plakat für die Kurze Nacht der Wissenschaft in Dresden zum Thema: "Der Weg des Stickstoffs im Wasser", welches folgende Inhalte enthält:

- *Warum muss man sich überhaupt mit dem Thema überhaupt beschäftigen?*
- *Stickstoff- und Wasserkreislauf*
- *Aufbau und Wirkungsweise eines Klärwerks*
- *Auswirkungen von Nitrat auf das Mensch-Umwelt-System*
- *Herkunft und Grenzwerte von Nitrat im (Trink-, Grund-)Wasser*
- *Bedeutung von sauberem Wasser für Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung*

Bewerten Sie die gestalteten Plakate unter vorher im Plenum festgelegten Kriterien und wählen Sie eins aus, welches Sie einsenden möchten.

Der Kern eines Projektunterrichts ist die übergeordnete Problemstellung, mit welcher die Schüler:innen konfrontiert werden und welche sie zu Lernaktivitäten motiviert (im Gegensatz zum SSI, welches nicht zwangsläufig einen Arbeitsauftrag enthält). Dabei wird den Schüler:innen eine Wissenslücke bewusst gemacht, die sie im Folgenden durch aktive und konstruktive Lernprozesse schließen sollen.

4.4. Lehrplananknüpfung

Das Konzept baut auf einer Kooperation zwischen Chemie und Geographie auf. Somit sind Inhalte aus beiden Fächern verknüpft. In Chemie kann das Projekt in der Klassenstufe 10 integriert werden. Dort werden im Lernbereich drei "Den Stoffen analytisch auf der Spur" die Grundlagen von qualitativen und quantitativen Analysen gelegt. Besser passt das Projekt jedoch in den Wahlbereich zwei "Wasseruntersuchungen". Dort sollen Herkunft und Wirkungen von Inhaltsstoffen in Trink- und Oberflächenwasser mit Hilfe von Messsensoren und Nachweisreagenzien untersucht werden. Auch die Anwendung von digitalen Messwerterfassungen wird gefordert. (Staatsministerium für Kultus, 2019)

Im Fach Geographie lässt sich das Projekt auch in der Klassenstufe 10 im Lernbereich eins "Das Weltmeer und seine Nutzung" verorten, dabei kann mit diesem Projekt vor allem der Wasserkreislauf für die Schüler:innen gut thematisiert werden. (Staatsministerium für Kultus, 2019, S. 26)

Sehr gut lässt sich dieser Lernort jedoch auch in den Lehrplan der Klassenstufe 11 im Grundkurs einbetten. So kann dieses Projekt im Lernbereich vier "Ressourcen und ihre Nutzung" verortet werden. In diesem Lernbereich werden regionale Probleme der Wasserversorgung an einem ausgewählten Beispiel thematisiert, wobei sich das Klärwerk als Lernort an dieser Stelle optimal eingliedern lässt. Dabei stehen in diesem Lernbereich auch die Wassergewinnung sowie der Wasserverbrauch im Zentrum der Betrachtung, wobei das Projekt diese Perspektiven genauer beleuchtet. (Staatsministerium für Kultus, 2019, S. 30)

4.5. Vorwissen

Um das Projekt erfolgreich durchführen zu können, benötigen die Lernenden Vorwissen, welches sie aus vorherigen Klassenstufen und deren Lernbereichen mitbringen (sollten). Im Folgenden wird das benötigte Vorwissen für das Fach Chemie dargestellt, anschließend das für das Fach Geographie.

4.5.1. Chemie

Klasse 7 - LB 1 Untersuchen von Stoffen

Hier werden ganz grundlegende Arbeitsweisen der Chemie besprochen. Dazu zählen exemplarisch das Experimentieren, Protokollieren, Beobachten und Beschreiben. Auch werden Stoffeigenschaften und daraus resultierende Trennverfahren, wie Dekantieren und Filtrieren, kennengelernt und in Experimenten angewendet.

Klasse 7 - LB 3 Umwandlung von Stoffen

Im vorliegenden Lernbereich besprechen die Lernenden die Eigenschaften einer chemischen Reaktion.

Klasse 8 - LB 2 Wasser - eine chemische Verbindung

Dieser Lernbereich wird als bedeutendster für das Projekt angesehen, obwohl es erst in der elften Klasse durchgeführt wird.

Die Lernenden "Übertragen [das] Wissens über Stoffgemische auf das Vorkommen von Wasser in der Natur" (Staatsministerium für Kultus, 2019). Sie vergleichen chemisch reines Wasser und Wasser als Stoffgemisch, wie es in Leitungswasser und natürlichen Wasservorkommen vorkommt. Es werden wichtige Konzepte erlernt, wie das Schalenmodell, Atombindung, Dipole und die Oktettregel.

Klasse 8 - LB 3 Kochsalz und andere Salze

Neben wichtigen Themen, wie der Zusammenhang von Bau und Eigenschaften am Beispiel von Natriumchlorid (Stoffeigenschaften experimentell untersuchen, Ionenverbindungen, Entwickeln von Salzformeln und Übertragen des Wissens auf andere Halogensalze), wird auch das selbstorganisierte Lernen als Methode angewendet.

Klasse 8 - LB 4 Reaktion von Metallen mit Nichtmetallen

Im Lernbereich vier werden Redoxreaktionen als Elektronenübergangreaktionen eingeführt. Dies stellt eine wichtige Grundlage für die gesamte chemische Laufbahn der Lernenden dar, da die Art der Redoxreaktion oft im Umgang mit Chemie auftaucht.

Klasse 9 - LB 1 Saure, basische und neutrale Lösungen

Hier lernen die Jugendlichen verschiedene alltägliche Lösungen kennen. Sie untersuchen wieder die unterschiedlichen Stoffeigenschaften mit Methoden, die sie bereits aus früheren Klassenstufen kennen. Reaktionsgleichungen werden um Dissoziationsgleichungen erweitert. Sie lernen Salze kennen - auch die Salpetersäure mit ihrem Säurerestion Nitrat.

Klasse 10 - LB 3 Den Stoffen analytisch auf der Spur

Im Lernbereich drei der Klassenstufe zehn werden grundlegende qualitative und quantitative Nachweise eingeführt. Die Schüler:innen kennen verschiedene Fällungs- und Farbreaktionen. Sie können durch das Kennenlernen der Stoffmengenkonzentration experimentell Lösungen dar- bzw. herstellen. Des Weiteren sind sie abschließend in der Lage, Titrations durchzuführen und quantitativ auszuwerten. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf Säure-Basen- und Leitfähigkeitstitrations gelegt. Wichtig ist auch zu erwähnen, dass Dünge-, Wasch-, und Reinigungsmittel sowie Wasserproben untersucht werden sollen. Bildung für nachhaltige Entwicklung und Formen der Arbeitsorganisation werden gefördert.

(Staatsministerium für Kultus, 2019)

4.5.2. Geographie

Auch aus dem Fach Geographie benötigen die Schüler:innen spezifisches fachliches Vorwissen, um in diesem Projekt erfolgreich arbeiten zu können.

Klasse 5 - LB 1 Unsere Erde

In diesem Lernbereich lernen die Schüler:innen grundlegend kennen, verschiedene geographische Bilder zu beschreiben und auszuwerten. Zudem lernen sie einfache Sachtexte zu lesen und auf Basis einer Fragestellung auszuwerten.

Klasse 5 - LB 5 Ausgewählte Ballungsgebiete

In diesem Lernbereich erkennen die Schüler:innen, was eine funktionierende Stadt täglich benötigt. Dabei erkennen sie, dass die Menschen neben genügend Nahrung auch jeden Tag Wasser zum Leben benötigen, wie auch jeden Tag Abwasser verursachen, welches entsorgt werden muss.

Klasse 7 - LB 4 Afrika südlich der Sahara

In diesem Lernbereich dieser Klassenstufe begreifen die Schüler:innen, wie wichtig ein ausgeglichener Wasserhaushalt für die Menschen in der Stadt, aber auch vor allem in der Landwirtschaft ist. Dabei wird an dieser Stelle eine konkrete Beziehung zur BNE hergestellt, wobei die Frage im Raum steht, wie umweltverträglich die Bewässerung der Landwirtschaft ist und wo dieses Wasser herkommt.

Klasse 8 - LB 3 Volksrepublik China

Welche Folgen eine sich schnell entwickelnde Wirtschaft auf die Umwelt und somit auch auf die Gewässer haben kann, wird in diesem Lernbereich der Klassenstufe 8 genauer thematisiert. Dabei werden nicht nur die regionalen Auswirkungen betrachtet, sondern auch der Blick über den Tellerrand gewagt und die globalen Folgen von Umweltverschmutzung betrachtet. Auch an dieser Stelle stellt der Lehrplan eine konkrete Beziehung zur BNE her.

Klasse 10 - LB 1 Das Weltmeer und seine Nutzung

Die Schüler:innen lernen in diesem Lernbereich den Wasserkreislauf kennen. Dabei lernen sie, dass dieser Kreislauf ein komplexes und in sich geschlossenes System ist und dass sich auch bei einer lokalen Verschmutzung des Wassers die Schadstoffe über weite Entfernungen verlagern können.

Klasse 10 - LB 2 Naturraum Sachsen

Wie genau die unterschiedlichen Stoffe über das Wasser weiter transportiert werden und so schließlich auch im Klärwerk ankommen, wird in diesem Lernbereich besprochen. So stehen dabei der Transport sowie die Sedimentationswirkung von fließendem Wasser im Vordergrund der Betrachtungen, wobei die Schüler:innen von einfachen Sedimenten gut auf biologische Abfallstoffe schließen können, die vor allem im Abwasser vorkommen.

Klasse 10 - LB 3 Wirtschaftsraum Sachsen

In diesem Lernbereich steht hauptsächlich die konventionelle Landwirtschaft im Mittelpunkt der Untersuchung, wobei genauer beleuchtet wird, welche Folgen beispielsweise die Düngung der Felder für die Böden, aber auch für das Grundwasser haben kann, welches später über Quellen in die Flüsse und so ins Klärwerk gelangt. Dabei sollen an dieser Stelle auch Alternativen aufgezeigt werden, um die Umwelt und somit auch das Wasser vor einem zu starken Nährstoffeintrag zu schützen.

4.6. Verlaufsplan

Bedeutung der Farben: **blau**: Aufgabenstellung durch Lehrkraft. **orange**: erwartete Antwort bzw. Anschrieb an Präsentationsmedium, wie Tafel, Flipchart o. Ä.

1. Vorbereitung

Dauer	did. Phase	Ablauf	Material/Medien
10'	Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> - Die Lehrkraft präsentiert den Schüler:innen das SSI, eine Person liest das SSI vor, damit alle informiert sind. - Die Lehrkraft stellt die Aufgabe: Nehmen Sie Stellung zum Text und diskutieren Sie diesen. - Die Lernenden positionieren sich zum Text und diskutieren die Aussagen im Text. - schriftliche Zusammenfassung der Kernaussagen (Lernende sagen an, ein:e Lernende:r schreibt auf), z. B. auf Flipchart <ul style="list-style-type: none"> - Anstieg der Nitratbelastung des Grundwassers - Überschreitung der Grenzwerte an 30% der Messstellen, vor allem im Meißner Hochland und in Döbeln ernsthafte Probleme - Grundwasserschaden und weitere Umweltprobleme resultieren - Gewinne der Landwirte aus Monokulturen stehen nicht im Verhältnis zu dem Schäden 	Folie 1
10'	Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> - Einteilung der Lernenden in Gruppen à fünf bis sechs Lernende. - Beschreiben des Ablaufes der nächsten beiden Tage. <ul style="list-style-type: none"> - Grundaufbau siehe Folie 2 & Recherchemappe 	Folie 2

		<ul style="list-style-type: none"> - Austeilen der Recherchemappe erst, wenn wir alles Organisatorische besprochen haben -> Zeitplan ist in der Recherchemappe zu finden - Bearbeiten der Recherchemappe in der Schule - Aufteilen der Aufgaben in der Gruppe, sonst nicht schaffbar - am ersten Tag findet Exkursion statt (<i>#Hinweis: Hier muss jede Schule selbst einen Zeitplan festlegen, da die Anreise unterschiedlich ist.</i>) - Tag 2 beginnt mit der Festlegung der Kriterien für ein wissenschaftliches Poster, dann abschließende Bearbeitung des Posters (<i>#Hinweis zum Poster: Eine Vorlage wird bereitgestellt, kann aber auch individuell abgewandelt werden.</i>) - Abschließende Diskussion der Poster und Auswahl des einzusendenden Posters 	
ca. 150'	Erarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> - Austeilen der Recherchemappe - (evtl. Austeilen der iPads) - Bearbeitung der Recherchemappe 	Recherchemappe

2. Durchführung am außerschulischen Lernort

Am außerschulischen Lernort übernimmt eine angestellte Person der Kläranlage und führt das Projekt durch. Im Mittelpunkt der Exkursion steht eine Führung durch die einzelnen Abwasseraufbereitungsschritte der Kläranlage. Dabei können die Lernenden Fragen an den/die Experte/Expertin stellen: auch Fragen, die zur Bearbeitung der Recherchemappe und zum Erstellen des Plakats von Bedeutung sind. Anschließend wird das angegliederte Schülerlabor der Kläranlage Aquamudi besucht, in dem die Schüler:innen wichtige Schritte der Wasserklärung wiederholen, Schadstoffe im Wasser bestimmen und den Begriff der Eutrophierung besprechen. Das dort benutzte Material befindet sich im Anhang.

Nach dem Besuch der Kläranlage endet der erste Tag des Projekts.

3. Nachbereitung

Dauer	did. Phase	Ablauf	Material/Medien
60'	Erarbeitungsphase	<ul style="list-style-type: none"> - Lehrkraft moderiert das Thema wissenschaftliches Plakat an und zeigt ein Beispiel (<i>#Hinweis: es handelt sich um ein Plakat zu einer Präsentation zu einem Praktikum für ein Lehramtsstudium</i>) - Benennen und begründen Sie Kriterien, die ein wissenschaftliches Plakat erfüllen sollte. - notieren der Kriterien, so dass in der folgenden Arbeitsphase alle darauf zurückkommen können - Beispielkriterien: <ul style="list-style-type: none"> - ansprechende Gestaltung (gutes Verhältnis zwischen Text und Bild/Abbildung) - korrekte Nutzung von Fachsprache sowie Orthographie und Grammatik - korrekte Zitation und Angabe von Quellen - wichtige Fakten sind enthalten, Konzentration auf das Wesentliche 	Beispielplakat (siehe Link)
180'		<ul style="list-style-type: none"> - Bearbeitung der Recherchemappe und Gestaltung des Plakats 	
15'	Abschluss	<ul style="list-style-type: none"> - Plakate werden allen Gruppen zur Verfügung gestellt (z. B. in eine gemeinsame Cloud-Lösung): Betrachten der Plakate in der Gruppe - Kritik zu jedem Plakat aufstellen (positiv und negativ) 	
45'		<ul style="list-style-type: none"> - Klasse legt eine Diskussionsleitung (2-3 Personen) fest 	

		- anhand der festgelegten Kriterien wird ein Plakat ausgewählt, welches dann "eingesendet" wird	
--	--	---	--

4.7. Didaktisch-methodische Begründung

Im folgenden Abschnitt des Berichts sollen die einzelnen Phasen, sowie die Exkursion didaktisch-methodisch begründet werden. Begonnen wird mit der Vorbereitungsphase.

Die Vorbereitungsphase beginnt mit der Konfrontation der Schüler:innen mit dem SSI. Dies hat den Sinn, dass ein erster Input zum gewählten Thema gegeben werden kann. Sie lesen somit erste Fakten zur Nitratbelastung des Grundwassers, die bereits kritisch in Zusammenhang mit Landwirtschaft und den finanziellen Gewinnen der Bäuerinnen und Bauern stehen. Somit soll das Interesse geweckt werden, sich mit dem Thema weiter und tiefgründiger auseinanderzusetzen. Dabei wird das SSI mittels einer Folie präsentiert. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass alle Personen diese entweder gut lesen können oder - sollte dies aus technischen oder anderen Gründen nicht möglich sein - eine Person den Text vorliest, ggf. auch mehrfach. Dies muss dann an die jeweilige Klassengemeinschaft angepasst werden. Nach der Präsentation des SSI sollen sich die Lernenden zum Text positionieren und diesen diskutieren. Bereits in dieser Phase werden Erfahrungen der Jugendlichen, die sie schon mit diesem Thema gemacht haben, aufgegriffen und somit das Vorwissen aktiviert. Der Operator "Stellung nehmen" ist in den Anforderungsbereich drei eingegliedert. (Ernst Klett Verlag GmbH, 2011) Er sieht vor, dass die Problemstellung "auf der Grundlage fachlicher Kenntnis und Einsicht nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung" (Ernst Klett Verlag GmbH, 2011) eingeschätzt wird. Uns ist vollkommen bewusst, dass den Schüler:innen in dieser Phase des Projektes wichtige Kenntnisse zu diesem Thema fehlen, was aber als nicht nachteilig eingeschätzt wird. Einerseits wecken die Wissenslücken bei den Lernenden Motivation, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Andererseits wird das aktuelle Vorwissen durch diese Abfrage gut dargestellt und die Lehrkraft kann einschätzen, welche weitere, in diesem Projektvorschlag nicht inkludierten Hilfestellungen notwendig sind, um das Projekt sinnvoll abschließen zu können. Eine analoge Begründungskette ist für den Operator "diskutieren" in Bezug auf die Einstiegsphase des Projektes zu führen. Die Sozialform der Plenumsarbeit ist hier gut geeignet, um den Wissensstand der Jugendlichen zu erfragen und um eine geordnete Beitragsfolge gerade am Anfang des Projektes gewährleisten zu können. Abschließend werden die Kernaussagen des SSI visualisiert. Somit wird einerseits der Text inhaltlich zusammengefasst und andererseits der Fokus auf wichtige Aussagen gelenkt. Dies ist für die spätere Erarbeitung von Bedeutung.

In der nächsten Phase des Einstieges in das Projekt wird der konkrete Ablauf beschrieben. Diese Phase hilft den Schüler:innen für die eigenständige Einteilung von Aufgaben und der Zeit für diese. Das Hauptaugenmerk am ersten Tag liegt auf der Bearbeitung der Recherchemappe und der Exkursion. Die Recherchemappe hat eine lenkende Funktion. Sie gibt die große Problemstellung wieder und stellt die einzelnen Teilaufgaben vor, die

die Lernenden beantworten müssen, um die übergeordnete Frage beantworten zu können.

Die Aufgabenstellung wird in einen fiktiven Brief eingebettet, der von einer Firma stammt, die die fiktive "Kurze Nacht der Wissenschaft" organisieren. Dies beschreibt die Phase der Probleminszenierung. Hier besteht wieder ein Lebensweltbezug. Die Meisten werden diese Institution mit der "Langen Nacht der Wissenschaft" verknüpfen. Somit kann auch das Format der Veranstaltung - ohne, dass näher darüber gesprochen wird - gut festgestellt werden. Die Hauptaufgabe des Projektes ist, ein Plakat zu gestalten. Dies fällt in den Anforderungsbereich drei. (Ernst Klett Verlag GmbH, 2011) Dieser beschreibt Aufgaben, die einen Problemlöseprozess mit sich bringen. Sie sollen die Schüler:innen anregen, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Sie sind recht offen gehalten, damit die Lernenden auch die Möglichkeit haben, sich individuell zu spezialisieren und eigene Ideen mit in die Erarbeitung und schlussendlich auf das Plakat zu bringen. Die Mappe enthält auch alle wichtigen Informationen zum organisatorischen Rahmen des Projektes. Dies hat den großen Vorteil, dass alle zu jeder Zeit einschätzen können, wie gut oder weniger gut sie im Zeitplan liegen und somit ihre Arbeitsweise anpassen. Da die Bearbeitung in Gruppenarbeit als selbstorganisiertes Lernen stattfindet, werden Lern- und Kooperationsfähigkeiten der Lernenden gefördert aber auch gefordert. (Landesbildungsserver Baden-Württemberg, 2023)

Nachdem die Schüler:innen am Vormittag die Recherchemappe bearbeitet haben, folgt die Exkursion zum außerschulischen Lernort. Dort angekommen, wird mit der Besichtigung der Kläranlage begonnen. Dadurch, dass die Führung durch die technische Anlage an den Anfang der Exkursion gelegt wird, können sofort Primärerfahrungen getätigt werden. "Die Schüler:innen können in direkter Interaktion mit der Lernumgebung und den Lerngegenständen persönliche Erfahrungen sammeln [...]" (Pospiech et al., 2020, S. 26). Auch bietet die Führung (und auch der anschließende Besuch des angegliederten Lernlabors) die Möglichkeit, dass Lehrinhalte fächerübergreifend und "in authentischen Kontexten" (Pospiech et al., 2020, S. 27) möglich wird. Dies bedeutet, dass der zu lernende Inhalt in Kontexte eingebettet ist, also dass die Lernenden nicht direkt mit dem Inhalt konfrontiert werden, sondern indirekt neues Wissen erlangen. Das Vorgehen im Projekt allgemein und auch in der Kläranlage kann nach Nawrath (2010) als kontextstrukturiertes Vorgehen identifiziert werden. Es existiert eine Problemstellung, die einen starken Anwendungsbezug enthält. Auf dem Weg zum Lernergebnis werden fachliche Inhalte einbezogen, die den kontextualisierten Unterricht begleiten mit dem Ziel, dass das Lernen über den vorgegebenen Kontext erfolgen sollte. (Nawrath et al., 2010, S. 28; Pospiech et al., 2020) Auch das Potential der Experten-Laien-Kommunikation ist nicht zu unterschätzen. Würde die Kläranlage nur durch einen Text oder ähnliche vergleichbare Medien besprochen werden, so würde dieses Potential wegfallen. "Das Potential liegt zum einen in dem Expertenwissen, durch

das das außerschulische Lehr-Lern-Setting inhaltlich und methodisch bereichert werden kann." (Pospiech et al., 2020, S. 29) Des Weiteren besticht ein Experte bzw. eine Expertin durch eine ausgeprägte Authentizität. Allgemein kann dies aber auch zum Problem werden, wenn Expertinnen und Experten nicht in der Lage sind, sich ihrem Publikum anzupassen. Aus eigenen Erfahrungen können wir aber feststellen, dass das Personal der Kläranlage sehr wohl in der Lage ist, die Kommunikation an Lernende unterschiedlichen Alters anzupassen.

Nachdem die Kläranlage besucht wurde, wird die Exkursion im Lernlabor der Kläranlage fortgesetzt. Die Schüler:innen erhalten ein Arbeitsheft, welches sie im Laufe des Laborbesuchs ausfüllen sollen. Dabei werden Inhalte, die bereits in der Führung angesprochen wurden, aufgegriffen und vertieft. In der ersten Teilaufgabe wird experimentell versucht, Schmutzwasser zu klären. Dabei können die Jugendlichen auf ihr gerade eben erlangtes Vorwissen zurückgreifen und dies dient somit als Wiederholung. Im zweiten Teil werden Prüffaktoren der Wasserqualität aufgestellt und daraus abgeleitet, warum eine Kläranlage überhaupt notwendig ist. Des Weiteren bestimmen sie Schadstoffe, wie Phosphat und Nitrat.

Am zweiten Tag des Projektes legen die Schüler:innen am Anfang des Tages Kriterien fest, nach welchen sie ihr Plakat gestalten und anschließend auch bewerten wollen. Besonders erwähnenswert ist, dass die Lernenden diese tatsächlich als Klasse festlegen. Somit können sie sich besser damit identifizieren und verstehen auch eventuelle Kritik besser, da sie die Kriterien selbst aufgestellt haben. In der anschließenden Arbeitsphase wird die Bearbeitung der Recherchemappe fortgesetzt und das Plakat gestaltet. Die Medien- und Kommunikationskompetenz der Jugendlichen wird gefördert. Nachdem die Schüler:innen das Plakat endgültig beendet haben, bekommen alle Gruppen die Plakate als digitale Version ausgehändigt. Sie sollen sie bewerten und Kritik zu jedem Plakat aufstellen. Dabei soll besonders darauf geachtet werden, dass sowohl positive als auch negative Punkte angesprochen werden. Eine Sache zu bewerten und Kritik dazu zu formulieren ist eine Grundkompetenz, welche die Lernenden vermehrt auch im Arbeitsleben benötigen werden.

5. Ideen für die Weiterarbeit an der Schule

5.1. Idee I

Eine Frage, die sehr oft diskutiert wird, ist die Sinnhaftigkeit einer vierten Reinigungsstufe. Das Problem: In den drei Reinigungsstufen, aus denen die meisten Kläranlagen (nur) bestehen, werden nicht alle Schadstoffe abgebaut. Zu letzteren zählen vor allem Industriechemikalien, Kosmetika, Reinigungsmittel (außer Seife) und Arzneimittel. (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2023) Als Beispiel: "Bis zu zwei Tonnen Diclofenac überstehen Schätzungen zufolge jährlich den Reinigungsprozess in den Kläranlagen." (Höber, 2020) Diese Stoffe werden momentan nur anteilig oder gar nicht aus dem Abwasser entfernt. Somit können sie Einfluss auf das Ökosystem nehmen. Dies bietet also einen Ansatzpunkt für eine Weiterarbeit an der Schule. Die Schüler:innen könnten sich mit den Wirkungen der Medikamente und weiterer Schadstoffe auf das Ökosystem beschäftigen und Verfahren untersuchen, wie diese bereits in der Kläranlage entfernt oder drastisch minimiert werden können. Momentan existieren dazu hauptsächlich zwei Verfahren: Binden der Stoffe an Aktivkohle oder Ozonierung (oxidative Spaltung der Produkte). (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2023) Vor allem das Anbinden der Stoffe an Aktivkohle kann auch in Form eines Experiments, zum Beispiel mit Tinte, durchgeführt werden.

5.2. Idee II

Auch im Fach Geographie kann nach der Arbeit am außerschulischen Lernort in den darauffolgenden Stunden weitergearbeitet werden. So haben die Schüler:innen gehört, dass das Klärwerk vor allem bei Starkregenereignissen wie auch bei langer Trockenheit Probleme hat, richtig zu funktionieren. So kann das Klärwerk bei Starkregen das Wasser nicht so schnell klären, wie es durch den Regen nachgeführt wird, sodass Wasser im schlimmsten Fall ungeklärt wieder in die Natur geleitet werden muss. Bei langer Trockenheit wiederum ist zu wenig Wasser in den Kanälen und in den Klärstufen, so dass das Material nicht optimal transportiert werden kann. Leider nehmen durch den Klimawandel solche Extremwetterereignisse auch in Deutschland zu, so dass das Klärwerk immer häufiger mit solchen Situationen konfrontiert ist.

An den vierten Lernbereich, auf welchen sich in der Geographie in diesem Projekt bezogen wird, ist der Wahlpflichtbereich 1 "Klimawandel in Sachsen" angeschlossen. Dieser Wahlpflichtbereich eignet sich dabei hervorragend, um auf der Grundlage des Projektes weiterzuarbeiten. So wird in diesem Wahlpflichtbereich beispielsweise beleuchtet, wie wir Menschen uns dem Klimawandel anpassen können, wobei dabei beispielsweise diskutiert wird, wie das Klärwerk auf den Klimawandel reagieren könnte. Eine Möglichkeit wäre dabei zum Beispiel, zwei getrennte Kanäle, einen für das Regenwasser, und einen für das Brauchwasser der Einwohner zu bauen, so könnte das

Klärwerk besser auf Starkregenereignisse reagieren. Jedoch ist dies mit enormen Kosten verbunden. Zudem würde es die bestehenden Probleme bei großer Trockenheit verschärfen. Ob es noch andere Lösungsansätze gibt, oder gar noch andere Probleme, welcher der Klimawandel im Klärwerk auslöst, könnte mit den Schüler:innen anschließend diskutiert werden, wobei dabei die Frage aufgeworfen werden könnte, ob es überhaupt eine perfekte Anpassung eines Klärwerkes an den Klimawandel gibt. In diesem Zuge könnte auch besprochen werden, ob das gegenwärtige System der Wasserspeicherung in Deutschland im Angesicht des Klimawandels überhaupt noch zukunftssicher ist, oder reformiert werden sollte.

6. Anhang

6.1. Materialien

6.1.1. Recherchemappe

Projekt: Der Weg des Stickstoffs im Wasser

Recherchemappe

Liebe Klasse ___ des ___-Gymnasiums,

bestimmt könnt ihr euch noch an das Thema Säuren aus der Sekundarstufe I erinnern. Damals habt ihr in der Klassenstufe neun die Säuren und deren Säurerestionen kennengelernt. Ein Vertreter dieser Klasse ist die Salpetersäure mit ihrem Säurerestion des Nitrats. Während des Unterrichts ist euch sicherlich die Bedeutung des Nitrats für die Umwelt und euren Körper nicht zu 100% bewusst geworden. Nitrat hat aber weitreichende Auswirkungen auf euch und eure Umwelt. Die Sächsische Zeitung schrieb am 22.06.2017 im Artikel "Unser täglich Nitrat": "In Maßen sind Gülle und Ammoniak wertvoll, im Übermaß gefährlich."¹

Doch nun nochmal ganz von vorn: Hallo nochmal, wir sind die Organisatoren der Kurzen Nacht der Wissenschaft. Die Kurze Nacht der Wissenschaft hat sich in Dresden etabliert. Renommierete Forscher:innen präsentieren ihre aktuellen Forschungsergebnisse aus (fast) allen Bereichen der Wissenschaft. Für dieses Jahr haben wir uns etwas neues ausgedacht: Nicht nur Wissenschaftler:innen sollen ihr Wissen preisgeben, sondern auch Schüler:innen der Dresdner Gymnasien. Als Leitthema gilt folgendes: "Sauberes Wasser - DIE Grundlage für modernes Leben". Ja, das Thema ist recht weit gefasst. Damit nicht alle Aspekte gänzlich von jede:r Schüler:in betrachtet werden müssen, haben wir die Themen auf die Gymnasien aufgeteilt. Eure Klasse soll sich mit dem "Weg des Stickstoffes" beschäftigen. Die genaue Aufgabenstellung findet ihr weiter unten, hier nur grob zusammengefasst: Ihr werdet euch theoretischen Input erarbeiten, die Kläranlage besuchen und dort Experimente durchführen. Abschließend soll ein Plakat erstellt und eins an uns eingeschickt werden, damit wir dieses bei der Kurzen Nacht der Wissenschaft ausstellen können.

Hier kommt die Aufgabenstellung:

Gestalten Sie in Ihrer Projektgruppe ein A0-Plakat für die Kurze Nacht der Wissenschaft in Dresden zum Thema: "Der Weg des Stickstoffs im Wasser", welches folgende Inhalte enthält:

- Warum muss man sich überhaupt mit dem Thema überhaupt beschäftigen?
- Stickstoff- und Wasserkreislauf
- Aufbau und Wirkungsweise eines Klärwerks
- Auswirkungen von Nitrat auf das Mensch-Umwelt-System
- Herkunft und Grenzwerte von Nitrat im (Trink-, Grund-)Wasser

¹ <https://www.saechsische.de/plus/unser-taegliches-nitrat-3710187.html> (Abgerufen am 10.07.2023)

- Bedeutung von sauberem Wasser für Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung

Bewerten Sie die gestalteten Plakate unter vorher im Plenum festgelegten Kriterien und wählen Sie eins aus, welches Sie einsenden möchten.

Ihr haltet gerade die so genannte Recherchemappe in eurer Hand. Hier sind die Aufgabenstellungen für die einzelnen Teilprobleme ausformuliert. Des Weiteren gibt es Anregungen, wo ihr die wichtigsten zugehörigen Informationen finden könnt. Eigene Quellen sind natürlich auch erlaubt und vielmehr gewünscht.

Folgender zeitlicher Ablauf ist geplant:

Tag 1

Zeit	Ort	Inhalt
8 Uhr bis 11 Uhr	Schule	Bearbeitung der Recherchemappe
12 Uhr bis 14:30 Uhr	Klärwerk Kaditz	Exkursion

Tag 2

Zeit	Ort	Inhalt
8 Uhr bis 9 Uhr	Schule	Festlegung der Kriterien für das Plakat
9 Uhr bis 11:30 Uhr	Schule	abschließende Bearbeitung Recherchemappe, Gestaltung Plakat
11:30 Uhr bis 12 Uhr	Schule	festgelegte Mittagspause
12 Uhr bis 13:30 Uhr	Schule	abschließende Bearbeitung Recherchemappe, Gestaltung Plakat
13:30 bis 14:30 Uhr	Schule	Diskussion über Plakate

Na dann - das Team der Kurzen Nacht der Wissenschaft wünscht euch viel Spaß bei der Bearbeitung der Teilprobleme, bei der Gestaltung des Plakats und der anschließenden Diskussion der Ergebnisse.

Euer Team der Kurzen Nacht der Wissenschaft

P.S.: Denkt daran, dass auch auf dem Plakat Quellen angegeben werden müssen!

Relevanz des Themas?!

Beschreiben Sie auf dem Plakat als kurze Einleitung die Relevanz des Themas: Warum ist es wichtig, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen? Folgende Zeitungsartikel können als erste Recherchegrundlage dienen.

- a) <https://www.saechsische.de/so-viel-nitrat-ist-im-saechsischen-wasser-3710603.html>
- b) <https://www.saechsische.de/plus/unser-taegliches-nitrat-3710187.html>

Wasserkreislauf

Beschreiben Sie den Wasserkreislauf. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Funktionsweise des Wasserkreislaufes ein und erklären Sie die Begriffe: Evaporation, Transpiration, Infiltration, Interzeption genauer. Fügen Sie auch eine (selbst gezeichnete) Abbildung auf das Plakat ein. Folgende Quellen können als Anregung genutzt werden:

- a) https://www2.klett.de/sixcms/list.php?page=infothek_artikel&extra=TERRA-Online%20/%20Gymnasium&artikel_id=108921&inhalt=klett71prod_1.c.271689.de
- b) <https://www.spektrum.de/alias/lexikon/lexikon-der-geographie/587359>

Welche Folgen könnte eine Störung des Wasserkreislaufes für uns Menschen haben?

<https://www.euwid-wasser.de/news/politik/sachsen-halber-jahresniederschlag-fehlt-um-defizit-im-wasserhaushalt-auszugleichen-300123/>

Analysiere, welche Bedeutung sauberes Trinkwasser für die Menschen weltweit hat!

<https://www.unicef.de/informieren/aktuelles/blog/-/weltwassertag-2023-zehn-fakten-ueber-wasser/275338>

Stickstoffkreislauf

Beschreiben Sie den Stickstoffkreislauf. Folgende Quellen können dafür benutzt werden:

- a) <https://studyflix.de/biologie/stickstoffkreislauf-2799>
- b) <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/stickstoffkreislauf/11304>

Aufbau, Wirkungsweise Klärwerk

Beschreiben Sie Aufbau und Wirkungsweise des Klärwerks in Dresden. Nutzen Sie dazu das Material, welches Sie in der Kläranlage finden oder auch folgende Website:

https://www.stadtentwaesserung-dresden.de/fileadmin/user_upload/downloads/faltblaetter-broschueren/klaeranlage-dresden-kaditz.pdf.

Auswirkungen auf das Mensch-Umwelt-System

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser/nutzung-belastungen/faqs-zu-nitrat-im-grund-trinkwasser#was-ist-der-unterschied-zwischen-trinkwasser-rohwasser-und-grundwasser>

Folgen zu hoher Nitratkonzentration auf die Umwelt:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/stickstoff#gefahren-fur-die-umwelt>

Nutzen Sie auch das Material, welches Sie in der Kläranlage bekommen.

Grenzwerte für das Trinkwasser

https://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2023/TrinkwV.pdf (siehe Tabelle in der Anlage)

6.1.2. Folien für die Stunde

Folie 1

“Dresden. Die Belastung des Grundwassers mit Nitrat ist in Sachsen im vergangenen Jahr leicht gestiegen.” (Wolf, 2017) So lautet der erste Satz in einem Artikel der Sächsischen Zeitung vom 22.06.2017. Liest man sich den Artikel weiter durch so wird beschrieben, dass an 30 % aller sächsischen Messstellen (vgl. ebd.) der Grenzwert für Nitrat überschritten wird. Vor allem in Gebieten, in denen eine erhöhte Anzahl von Tierbetrieben zu finden ist, liegen neun der zehn überschreitenden Messpunkte. Die Wasserverbände im Meißner Hochland und in Döbeln sehen aufgrund einer den Grenzwert überschreitenden Nitrat-Konzentration ernsthafte Probleme. Der Zweckverband Meißner Hochland muss sogar Wasser zukaufen. Hier werden auch gesellschaftliche Probleme angesprochen: „Es kann nicht sein, dass der Gewinn aus dem Anbau von Monokulturen bei den Landwirten bleibt und der Grundwasserschaden daraus sozialisiert wird.“ (ebd.) - von den Umweltproblemen, die eine starke Nitrat-Belastung mit sich bringt, ganz abgesehen.

Folie 2

Ablaufplan

TAG 1

- **Bearbeitung der Recherchemappe (-> genaue Aufgabenstellung darin enthalten)**
- **Exkursion ins Klärwerk Dresden**

TAG 2

- **Festlegung der Gestaltungskriterien und Gestaltung des Plakats**
- **Diskussion**

6.1.3. Link für die Erwartungsbilder

<https://cloudstore.zih.tu-dresden.de/index.php/s/dL8GafWy8PcZ5M2>

6.2. Literaturverzeichnis



- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. (2023). *Spurenstoffe und vierte Reinigungsstufe für Kläranlagen*.
<https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/abwasser/spurenstoffe.htm>
- Ernst Klett Verlag GmbH. (2011). *Übersicht über die Operatoren*.
https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/350482_0014_Operatoren.pdf
- Friedhelm Frank. (1999). *Didaktik der Geographie—Begriffe*. Oldenbourg.
- Gerhard, S. (2022). *Wie gefährlich ist Nitrat?* Quarks.de.
<https://www.quarks.de/umwelt/landwirtschaft/das-passiert-wenn-zu-viel-nitrat-in-die-umwelt-kommt/>
- Höber, A. (2020). *Medikamentenrückstände im Wasser: Eine Gefahr?*
<https://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/Medikamentenrueckstaende-im-Wasser-Eine-Gefahr,wasser710.html>
- Landesbildungsserver Baden-Württemberg. (2023). *Selbstorganisiertes Lernen*.
<https://www.schule-bw.de/themen-und-impulse/individuelles-lernen-und-individuelle-foerderung/berufliche-schulen/massnahmen/index-1.html>
- Nawrath, D., Parchmann, I., & Komorek, M. (2010). *Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht* (1. Aufl). Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Univ.
- Pospiech, G., Niethammer, M., Wieser, D., & Kuhlemann, F.-M. (Hrsg.). (2020). *Begegnungen mit der Wirklichkeit: Chancen für fächerübergreifendes Lernen an außerschulischen Lernorten* (1. Auflage). hep.
- Staatsministerium für Kultus. (2019a). *Lehrplan Gymnasium Chemie*.
https://www.schulportal.sachsen.de/lplandb/index.php?lplanid=131&lplansc=e9qPZ2d7vxCDDVRErSSY&token=002efcb7370715d88f1de1212310cd4d#page131_30906
- Staatsministerium für Kultus. (2019b). *Lehrplan Gymnasium Geographie*.
<https://www.schulportal.sachsen.de/lplandb/index.php?lplanid=74&lplansc=TW0vpUfkS9CpWtVqUl1f&token=09cfbc48e234211f4d4ca770c9ca34f4>
- Stadtentwässerung Dresden. (2023a). *Flyer Kläranlage*.
https://www.stadtentwaesserung-dresden.de/fileadmin/user_upload/downloads/faltblaetter-broschueren/klaeranlage-dresden-kaditz.pdf

- Stadtentwässerung Dresden. (2023). *Schülerlabor Aquamundi*.
<https://www.stadtentwaesserung-dresden.de/wasserwelten/schuelerlabor-aquamundi/>
- Stadtentwässerung Dresden. (2023b). *Unsere Anlagen*.
<https://www.stadtentwaesserung-dresden.de/ueber-uns/unsere-anlagen/>
- Studyflix GmbH. (2023). *Stickstoffkreislauf*.
<https://studyflix.de/biologie/stickstoffkreislauf-2799>
- Umweltbundesamt. (2021). *Eutrophierung*.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/eutrophierung#eutrophierung-was-bedeutet-das>
- Wolf, U. (2017a). *So viel Nitrat ist im sächsischen Wasser*. Sächsische.de.
<https://www.saechsische.de/so-viel-nitrat-ist-im-saechsischen-wasser-3710603.html>
- Wolf, U. (2017b). *Unser tägliches Nitrat*. <https://www.saechsische.de/plus/unser-taegliches-nitrat-3710187.html>

6.3. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt zu haben sowie alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, durch die Angabe der Quellen als Entlehnung kenntlich gemacht zu haben.

Dresden, den 5.9.2023


Name	Unterschrift
Paul Beutel	
Eric Melzer	

6.4. Weitergaberecht

Hiermit erklären wir, dass wir mit der Weiterverwendung unserer Arbeit, unter Nennung unserer Namen, im Rahmen der Teilprojektarbeit an der TU Dresden einverstanden sind. Außerdem erklären wir uns einverstanden, dass das entstandene Konzept an Dritte weitergegeben werden darf.

Einer Veröffentlichung auf der Lernlandkarte Sachsen stimmen wir zu.

Dresden, den 5.9.2023

Name	Unterschrift
Paul Beutel	
Eric Melzer	