



Pädagogisches Arbeitsblatt Nr. 1 :
Saurer Regen: eine unsichtbare
Bedrohung



LERNZIELE :

Diese Aktivität hat zum Ziel, bestimmte Etappen der wissenschaftlichen Vorgehensweise zu verinnerlichen. Durch das Heranführen an Analysemethoden / eine Dokumentationsrecherche werden die Schüler zum Nachforschen veranlasst und lernen, ein Versuchsprotokoll zu verfassen.

Bei dieser Aktivität erwerben die Schüler folgende Kompetenzen und Wissensinhalte :

- Dokumente in deutscher und/oder englischer Sprache analysieren
- Eine Zusammenfassung / Synthese erstellen
- Die Ergebnisse von in der Klasse durchgeführten Experimenten analysieren und interpretieren
- Eine Lösung vorschlagen, um die Versauerung eines natürlichen Lebensraums zu verhindern
- Ein Versuchsprotokoll erarbeiten und präsentieren
- Beschreiben, wie saurer Regen entsteht
- Ein dem Thema angepasstes Fachvokabular verwenden

WICHTIGSTE LERNZIELE :

- UAA 14 : Wässrige Lösungen

Lernziel: Nach dem Prinzip des forschungsbasierten Lernens feststellen, ob bestimmte im Alltag vorkommende Stoffe zu den Säuren oder zu den Basen gehören, um sie korrekt und wirksam zu verwenden.

- Lesen zu Informationszwecken

- UAA 1 : Suche nach Informationen

Lernziel: Durchforsten von Texten und Herausfiltern der benötigten Informationen.

- UAA 2 : Informationen kürzen, zusammenfassen und synthetisieren, um sie anderen zu vermitteln

Lernziel: einen Text zusammenfassen, aus mehreren Texten zu ein und demselben Thema eine Synthese erstellen.

TOTAL

6½ Unterrichtsstunden im
 Fach naturwissenschaftliche
 Ausbildung.
 + 1 Unterrichtsstunde im Fach
 Französisch
 + 2 Unterrichtsstunden im
 Fach English (optional)



SITUATIONSCHREIBUNG :

Die Stadt TechnoCity hat festgestellt, dass Bäume und Wälder krank sind, dass außerdem gewisse historische Baudenkmäler verwittern und korrodieren. Angesichts der Verschlimmerung des Problems beschließen die Stadtverantwortlichen, ein wissenschaftliches Gutachten in Auftrag zu geben. Die Experten (Inspektor für die Bekämpfung von Umweltverschmutzung, Untersuchungsbeauftragter in Umweltfragen, Umweltberater, Chemieingenieur...) müssen die Ergebnisse ihrer Untersuchungen anhand von Experimenten beweisen.

Um die Bürger über die Gefahren zu informieren und ihnen die Dringlichkeit von Gegenmaßnahmen vor Augen zu führen, beschließt der Umweltschöffe, die Bürger der Stadt zu einer gemeinsamen Versammlung mit den Experten einzuladen.

Die Schüler spielen die Rolle der wissenschaftlichen Sachverständigen.



GRUNDVORAUSETZUNGEN :

- UAA 14 : Wässrige Lösungen

Die Schüler sind in der Lage, eine Lösung zuzubereiten und durch Ermittlung des pH-Wertes festzustellen, ob es sich um eine Säure, eine Base oder eine neutrale Flüssigkeit handelt.

Die Schüler haben schon zuvor bei einem Laborunterricht gelernt, ein Versuchsprotokoll zu erstellen.




ABLAUF DER AKTIVITÄT :

1 Unterrichtsstunde

PHASE 1:

- **Bildung der Expertengruppen:** 4 Gruppen von maximal 4-5 Schülern.
- Vor der Verteilung der Unterlagen verfasst jeder Schüler eine **kurze schriftliche Beschreibung** des sauren Regens. Diese Etappe ermöglicht den Schülern, ihre ursprünglichen Vorstellungen festzuhalten. Die Schüler müssen ihre Beschreibung aufbewahren, um später darauf zurück zu kommen.



 **Verteilung der Dokumente.** Jede Gruppe erhält zum Thema „saurer Regen“ die gleichen Unterlagen. Um die Zusammenarbeit innerhalb der Gruppe zu fördern, werden die Informationen(1) auf unterschiedliche Datenträger(2) mit verschiedenen Inhalten(3) verteilt.

LERNZIELE :

- Bereichsübergreifende Strategie: Informationen verarbeiten und nutzen
- Bereichsübergreifende Strategie: maßgebliche Elemente in einen Zusammenhang bringen



PHASE 2:

2 Unterrichtsstunden

- **Individuelle Lektüre und Analyse der Unterlagen** ( 1). Jeder Schüler erfasst die wichtigsten Punkte und beantwortet auf dieser Grundlage die gestellten Fragen. Anhand dieser Antwortelemente gestalten die Schüler ihr Versuchsprotokoll über sauren Regen. Falls die Analyse des Dokuments den Schülern Schwierigkeiten bereitet, können Sie zu Ihrer Unterstützung auf den entsprechenden Verbesserungsbogen zurückgreifen ( 2).
- Anschließend erstellt jeder Schüler eine **Zusammenfassung** seines Dokuments.

PHASE 3 (ERGÄNZEND) ⁽⁴⁾:

2 Unterrichtsstunden

-  **Verteilung der Dokumente** ( 3 und 4). Jeder Schüler erhält ein Dokument in englischer Sprache mit dem Glossar und dem Fragebogen.
- **Leseverständnis.** Die Schüler erfassen den Inhalt des Dokuments und informieren sich über das Thema.

Falls die Analyse des Dokuments den Schülern Schwierigkeiten bereitet, können Sie zu Ihrer Unterstützung auf den entsprechenden Verbesserungsbogen zurückgreifen. ( 5)

Durch diese Dokumentenanalyse werden die Schüler in eine Forschungssituation versetzt und können ihre ursprünglichen Vorstellungen mit den erzielten Ergebnissen konfrontieren.

LERNZIELE :

- Lesen zu Informationszwecken

PHASE 4 :

1 ½ Unterrichtsstunden

- (📄6) **Austausch** innerhalb der Gruppe: Jede Expertengruppe erstellt auf der Grundlage einer Zusammenfassung des analysierten Dokuments eine **Synthese**, um die Informationen im Hinblick auf das Verfassen des Versuchsprotokolls zu strukturieren.

LERNZIELE :

- UAA 2 : Informationen kürzen, zusammenfassen und synthetisieren, um sie anderen zu vermitteln
- Lernziel** : einen Text zusammenfassen, aus mehreren Texten zu ein und demselben Thema eine Synthese erstellen

PHASE 5 :

1 ½ Unterrichtsstunden

- **In der Gruppe, Erstellung eines Versuchsprotokolls** (📄7) Was ist saurer Regen? Wie entsteht er? Das Versuchsprotokoll enthält folgende Elemente, die von den einzelnen Mitgliedern der Gruppe beigesteuert werden⁽⁵⁾:

- Das verwendete Material,
- Die Vorgehensweise,
- Ein Bild (schematische Darstellung) des Experiments.

LERNZIELE :

- Bereichsübergreifende Strategie: Unter Verwendung eines bestimmten Fachvokabulars in einer angemessenen Sprache kommunizieren

PHASE 6 :


1 ½ Unterrichtsstunden

- Nach der Ausarbeitung des Protokolls, **Ernennung eines Berichterstatters** pro Gruppe (z.B. über ein Auslosungsverfahren⁽⁶⁾). Der Berichterstatter ist dafür zuständig, das Protokoll zu präsentieren und zu verteidigen. Jedem Sprecher wird von der Lehrkraft eine feste Redezeit für seine Präsentation vorgegeben.
- **Eventuell Gestaltung eines Plakats** als Präsentationsgrundlage⁽⁷⁾.
- Die übrigen Experten der Gruppe haben die Aufgabe, am Ende des Vortrags die **Fragen** der „Bürger“ zu beantworten. Sie müssen also in der Lage sein, auf alle Fragen zu ihrem Protokoll einzugehen.
- Die „Bürger“ sind alle Schüler, die nicht der jeweils vortragenden Expertengruppe angehören. Sie hören der Präsentation aufmerksam zu, um am Ende des Vortrags Fragen stellen zu können.
- Vorbereitung des „Konferenzsaals“ und passende **räumliche Anordnung** (Rednerpult, Namensschilder für die einzelnen Experten...). Die Experten setzen sich den Bürgern gegenüber.
- Jede Expertengruppe **präsentiert** den übrigen Schülern (Bürgern) **ihr Protokoll**. Diese Etappe ermöglicht der Expertengruppe, der ganzen Klasse die Ergebnisse ihrer Forschungsarbeit vorzustellen und eine wissenschaftliche Diskussion zu führen.

LERNZIELE :

- Bereichsübergreifende Strategie: Unter Verwendung eines bestimmten Fachvokabulars in einer angemessenen Sprache kommunizieren

PHASE 7 :

- **Strukturierung** : Die Lehrkraft führt das Experiment vor, das dem Versuchsprotokoll der Schüler entspricht; entweder vor den Schülern, wenn eine Abzugshaube verfügbar ist (denn es wird ein reizendes Gas freigesetzt), oder in Form eines (selbst gedrehten oder im Internet gefundenen) Videos ( 8).

Durch diese verschiedenen Phasen werden die Schüler in eine Forschungssituation versetzt und können ihre ursprünglichen Vorstellungen infrage stellen. So werden sich die Schüler der Ursachen und Folgen des sauren Regens bewusst.

- **Verteilung der Ausbildungsprogramme** (Studien- und Ausbildungsgänge) für die in Verbindung mit dieser Aktivität kennen gelernten Berufe (verfügbar in der Box der Berufe).

Bei dieser Aktivität schlüpfen die Schüler in die Rolle wissenschaftlicher Experten und lernen dabei die nachstehend aufgelisteten Berufe kennen. In der Box der Berufe finden Sie die Ausbildungsprogramme (Studien- und Ausbildungsgänge) für diese Berufe :

- Untersuchungsbeauftragte/-r in Umweltfragen (AP1, AP4, AP6, AP15)
- Umweltberater/-in (AP1, AP4, AP6, AP10, AP11, AP12)
- Chemieingenieur/-in (AP6, AP15)
- Inspektor/-in für die Bekämpfung von Umweltverschmutzung (AP4, AP6)



Weitere Informationen finden Sie in den Berufsbeschreibungsbogen auf der Webseite metiers.siep.be.



Sie können diese Berufe im Rahmen von Technosphère 2.0 auch bei der Dimensionierung der Kläranlage und bei ihrem Bau genauer kennen lernen.

- (1) Diese Etappe wird durch die IKT ermöglicht. So machen sich die Schüler mit Software-Tools vertraut und schlüpfen in die Rolle eines Wissenschaftlers.
- (2) Verwendete Medien: Video, Artikel, Buchauszüge...
- (3) Ergänzende Informationen zum Thema: Entstehung, Ursachen, Folgen, Eigenschaften des sauren Regens.
- (4) Diese Phase ist für Schüler des technisch orientierten Unterrichts und nicht für die berufsbildenden Abteilungen bestimmt.
- (5) Die Lehrkraft kann einen Schüler bestimmen, um das Material aufzulisten, einen anderen, um das Experiment schematisch darzustellen und die übrigen, um das Protokoll zu verfassen.
- (6) Es ist wichtig, dass die Lehrkraft die Schüler bereits in Phase 5 über diese Vorgehensweise informiert.
- (7) Veranschaulichung der Präsentation durch ein Plakat, ein Schild oder einfach durch die Benutzung der Tafel



PÄDAGOGISCHE RESSOURCEN :

- **Environnement un monde de solutions. Les pluies acides et leurs impacts [online]. 2009.**
Verfügbar unter : <http://environnement.mongroupe.ca/les-pluies-acides-et-leurs-impacts> (27/05/2019).
- **Espaces naturels. Que sont les pluies acides devenues [online], Robert J.Delmas. 2004.**
Verfügbar unter : <http://www.espaces-naturels.info/que-sont-pluies-acides-devenues> (27/05/2019).
- **Lelivrescolaire.fr. les conséquences des pluies acides [online]. 2019.**
Verfügbar unter : <https://www.lelivrescolaire.fr/#manuel/1673386/physique-chimie-3e-2017/chapitre/1673503/dossier-brevet/page/1674950/les-consequences-des-pluies-acides/lecon> (27/05/2019).
- **Omer7. Pollution de l'eau et des sols [online]. 2010.**
Verfügbar unter : <http://omer7.sedoo.fr/mallette/fiches/Pollution-de-l-eau-et-des-sols> (27/05/2019).
- **Wiki Science et technologie de l'environnement. La pluie acide et ses conséquences [online].**
Verfügbar unter : <http://sciencepasteur.pbworks.com/w/page/47890776/La%20pluie%20acide%20et%20ses%20cons%C3%A9quences> (27/05/2019).
- **Les pluies acides [online]. 2016.**
Verfügbar unter : <https://www.youtube.com/watch?v=vGypDDwJpSw> (27/05/2019).
- **Les pluies acides : l'enfer sur terre [online]. 2013.**
Verfügbar unter : <https://www.youtube.com/watch?v=3-LJNT7Do0> (27/05/2019).
- **TPE-Les pluies acides : une menace invisible [online]. 2016.**
Verfügbar unter : <https://www.youtube.com/watch?v=cMjrJtMRVMk> (27/05/2019).
- **Maxicours.com. Cours de Physique-chimie Terminale S - Les pluies acides [online].**
Verfügbar unter : <https://www.maxicours.com/se/fiche/4/8/391284.html/ts> (27/05/2019).

EXPERIMENTE SO₂

- **Simulation d'une pluie acide [online]. 2011.**
Verfügbar unter : <https://www.youtube.com/watch?v=JPH1Vce4Ftk> (27/05/2019).
- **Les pluies acides. Expérience: simulation d'une pluie acide [online].**
Verfügbar unter : <http://pluiesacides-tpe.e-monsite.com/pages/content/sommaire/vi-experience-simulation-d-une-pluie-acide.html> (27/05/2019)
- **TPE-Les pluies acides. Expérience 1 : la formation des pluies acides soufrées [online].**
Verfügbar unter : <https://tpepluiesacidesclemenceau.wordpress.com/experience-1-la-formation-des-pluies-acides-soufrees/> (27/05/2019).

ENGLISCH

- **National geographic. Acid rain, explained [online].**
Verfügbar unter : <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/acid-rain/> (27/05/2019).

WEITERE LINKS ZUR VERTIEFUNG DES ENGLISCHEN LESEVERSTÄNDNISSES :

- **Livescience. Acid rain : Causes, effects and solutions [online].**
Verfügbar unter : <https://www.livescience.com/63065-acid-rain.html> (27/05/2019).
- **Scitable by nature education. Toxic Rain: The Effect of Acid Rain on the Environment [online].**
Verfügbar unter : https://www.nature.com/scitable/blog/green-science/toxic_rain_the_effect_of (27/05/2019).



PÄDAGOGISCHES TOOL 1 : HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE

1) Welchen pH-Wert hat der natürliche Regen? Ist er sauer, basisch oder neutral ?

2) Welche(s) Phänomen(e) ist/sind dafür verantwortlich ?

3) Welche Moleküle verursachen das Phänomen des sauren Regens? Innerhalb welcher möglichen Spanne liegt der pH-Wert des sauren Regens?

4) Was bedeuten die Begriffe „kritische Belastungswerte“ und „kritischer Schwellenwert“ ?

5) Ist saurer Regen auf eine Umweltverschmutzung in der Nähe zurückzuführen oder kann er durch eine Umweltverschmutzung in größerer Entfernung verursacht werden ?

PÄDAGOGISCHES TOOL 1: HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE

D. Auf die Böden ?

E. Auf die Gebäude ?

9) Welche Auswirkungen haben saure Böden auf die Bäume, die darin wachsen ?

10) Wie hat sich der Säuregrad des Regens seit den 1980er Jahren entwickelt und wie sind die Zukunftsaussichten ?

11) Kann man den Regen basisch machen ?

12) Welche Lösungen gibt es, um die Versauerung der Umwelt zu verringern ?



PÄDAGOGISCHES TOOL 2 : HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE : VERBESSERUNGSBOGEN

- 1) Welchen pH-Wert hat der natürliche Regen? Ist er sauer, basisch oder neutral?
Regen hat von Natur aus einen pH-Wert von 5,6. Er ist also von Natur aus sauer.
- 2) Welche(s) Phänomen(e) ist/sind dafür verantwortlich ?
Natürlich sauer wird der Regen durch die Reaktion von CO₂ mit den Wassermolekülen der Luft, bei der sich Kohlensäure bildet. In der Atmosphäre oxidieren das SO₂ und das NO_x, wobei Sulfate und Nitrate in Gas- und Wasserphase entstehen. Wenn diese sich mit dem atmosphärischen Wasser (der Wolken) verbinden, wird die Atmosphäre mit Säuren angereichert.
- 3) Welche Moleküle verursachen das Phänomen des sauren Regens? Innerhalb welcher möglichen Spanne liegt der pH-Wert des sauren Regens ?
Salpetersäure, Schwefelsäure und organische Säuren erhöhen den Säuregehalt des Regenwassers. Wenn die Konzentration von SO₂, NO_x und Kohlenwasserstoffen in der Atmosphäre das normale Maß übersteigt, werden der Regen und die Niederschläge allgemein noch saurer. In diesem Fall spricht man von „saurem Regen“.
SO₂ ist ein dichtes, farbloses und toxisches Gas. Beim Einatmen wirkt es reizend. Man verwendet es als Antiseptikum, Konservierungsmittel und Desinfektionsmittel. Das SO₂ in der Luft ist hauptsächlich industriellen Ursprungs (es stammt in erster Linie aus Kohle- und Gaskraftwerken, sowie aus Anlagen zur Erzverhüttung).
Das erzeugte SO₂ reagiert mit dem Wasser zu Schwefelsäure, die den Säuregrad des Regenwassers ansteigen lässt :
$$\text{SO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 (\text{g})$$
$$\text{H}_2\text{SO}_3 (\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq})$$

$$\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$$

Stickoxide (hauptsächlich NO und NO₂) sind stechend riechende, toxische Gase, die ebenfalls Reizungen auslösen. Sie entstehen bei der Verbrennung von Kraftstoffen (zum Betrieb von Fahrzeugen, Heizungsanlagen, Kraftwerken usw.)
Das erzeugte NO_x reagiert mit dem Wasser zu Salpetersäure, die den Säuregrad des Regenwassers ansteigen lässt :
(1) $2 \text{NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ ou/et $\text{N}_2 (\text{g}) + 2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{g})$
(2) $3 \text{NO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3 (\text{aq}) + \text{NO} (\text{g})$
Regen gilt als sauer, wenn sein pH-Wert unter 5,6 liegt. Der sauerste je gemessene Regen hatte einen pH-Wert von 2,4 und der sauerste Nebel einen pH-Wert von 1,69.
- 4) Was bedeuten die Begriffe „kritische Belastungswerte“ und „kritische Schwellenwerte“ ?
Dabei handelt es sich um Obergrenzen, unterhalb derer Luftschadstoffe auf die empfindlichen Teile der Umwelt (Fauna und Flora, Böden, Ökosysteme...) nach heutigem Wissensstand keine schädigende Wirkung ausüben. „Kritische Belastungswerte“ entsprechen einer jährlichen Schadstofffracht, die pro Flächeneinheit nicht überschritten werden darf. Der Begriff wird in Bezug auf Schadstoffe wie Schwefel- und Stickstoffverbindungen verwendet. Der „kritische Schwellenwert“ entspricht einer Konzentration, die pro Zeiteinheit nicht überschritten werden darf; der Begriff wird in Bezug auf gasförmige Schadstoffe wie Ozon verwendet.
- 5) Ist saurer Regen auf eine Umweltverschmutzung in der Nähe zurückzuführen oder kann er durch eine Umweltverschmutzung in größerer Entfernung verursacht werden ?
Schadstoffe (Säuren) können ab dem Ort ihrer Entstehung (Industrie und Verkehr) mehrere Tausend Kilometer zurücklegen.

6) Was ist die Ursache für die Zunahme des Säuregrads beim Regenwasser? Ist der Mensch dafür der Hauptverantwortliche?

Ja, diese Zunahme des Säuregrads wird dadurch verursacht, dass der Mensch stark schwefel- und stickstoffhaltige Produkte verwendet; hinzu kommt die Freisetzung großer Mengen an CO₂ durch Verkehrsmittel und Industrie. Diese Verbindungen reagieren mit dem Wasser in der Atmosphäre zu Säuren. Grund für die Zunahme des Säuregehalts ist also die Emission von primären Schadstoffen durch Fahrzeuge und Industrie. Der saure Regen ist hauptsächlich auf menschliche Tätigkeit zurückzuführen, ein fast zu vernachlässigender Prozentsatz jedoch auf die Umwelt selbst (Vulkanausbrüche).

7) Wie hat der Mensch festgestellt, dass der Regen sauer war ?

Im Jahre 1872 verwendeten Wissenschaftler erstmals diesen Begriff, um eine beobachtete Schadstoffbelastung auf der Leeseite bestimmter Industriebetriebe zu beschreiben. In den Jahren 1950–60 stellte man in den skandinavischen Seen eine Halbierung der Fischbestände und ein starkes Algenwachstum fest. Im Zeitraum 1970–80 ergaben Untersuchungen der atmosphärischen Schadstoffbelastung in den Industriestaaten das Bild einer gewissen Fernverschmutzung, während zugleich in Deutschland das Waldsterben einsetzte. Unter dem Druck der öffentlichen Meinung ergriffen Politiker daraufhin überstürzte Maßnahmen, noch ehe die Wissenschaft Zeit hatte, die These zu bestätigen. 1987 hoben Wissenschaftler hervor, dass es für einen Zusammenhang zwischen saurem Regen und den beobachteten Waldschäden keinen Beweis gebe. Zum Glück erwiesen sich die ergriffenen Maßnahmen trotzdem als nutzbringend für die öffentliche Gesundheit und für die Verringerung der Luftverschmutzung durch Schwefelverbindungen. Denn obschon die Auswirkungen des sauren Regens auf die Wälder bis heute umstritten sind, hat sich zweifelsfrei herausgestellt, dass er der Gesundheit, den Gebäuden, den Böden und den Oberflächengewässern schadet. Seit den 1990er Jahren sind die Emissionen von Schwefelverbindungen in Europa und Nordamerika dank der ergriffenen Entschwefelungsmaßnahmen, der rückläufigen Verwendung von Kohle und einer Abnahme der industriellen Tätigkeit stark zurückgegangen. Leider fahren in der Nähe europäischer Küsten jedoch nach wie vor Schiffe, die mit ihrem SO₂ und NO_x-Ausstoß die Atmosphäre belasten, und andere Gebiete der Welt, z.B. die industriellen Schwellenländer Asiens, können), ebenfalls von saurem Regen betroffen sein. 2020 wurde die Pufferkapazität der Böden in China, Korea und Japan erschöpft: Zusätzliche Säureablagerungen können dort nicht mehr neutralisiert werden. Zwar gehen die Emissionen von Schwefelverbindungen zurück; diese sind jedoch nicht die einzigen Verursacher des sauren Regens. Mitverantwortlich ist die stetige Zunahme des CO₂-Ausstoßes durch Industrie und Verkehr. Solange wir die CO₂-Produktion nicht genauso eindämmen, wie diejenige der Schwefelverbindungen, wird es also weiterhin sauren Regen geben.

8) Welche Auswirkungen hat saurer Regen ?

Saurer Regen beeinträchtigt die Biodiversität, verlangsamt das Wachstum in Land- und Forstwirtschaft und zerstört Ökosysteme.

A. Auf die Oberflächengewässer ?

Wasserläufe und Seen reagieren empfindlich auf saure Schadstoffe; diese verursachen eine Versauerung des Wassers, die wiederum für das aquatische Ökosystem gefährlich ist. Folgende Beobachtungen werden auf sauren Regen zurückgeführt :

- Bei Fischen: ein langsames Wachstum, eine geringere Eiablage, Fehlbildungen und eine größere Anfälligkeit, sowohl der Embryonen als auch der ausgewachsenen Tiere, für Krankheiten. Viele Fische verenden und Arten sterben aus.
- Vermehrung von Fadenalgen und Rückentwicklung höherer Pflanzen.
- Rückgang des Planktons.
- Rückgang von Flusskrebse und Weichtieren bis zum ihrem völligen Verschwinden.

B. Auf die Vegetation und die Wälder ?

Der saure Regen schadet der Pflanzenwelt sehr. Niederschläge, Nebel und saure Dämpfe :

- Zerstören die Wachsschicht (äußere Schicht) der Blätter und verursachen so Schäden an Zellen, Chloroplasten und Stomata, was wiederum die Photosynthese verhindert (die Blätter verlieren ihre grüne Farbe, werden orange gelb und schließlich rot).
- Lösen vermehrtes Schwitzen aus;
- Zerstören die Oberfläche der Blätter und Nadeln;

PÄDAGOGISCHES TOOL 2: HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE: VERBESSERUNGSBOGEN

- Beeinträchtigen die Widerstandsfähigkeit gegenüber Kälte und Krankheiten, was die Pflanze anfälliger für Parasiten, Pilze, Insekten und Viren macht;

- Beeinträchtigen das Wachstum, sowie die Reproduktion und Keimung.

So erhöht sich die Sterblichkeit empfindlicher Populationen, während sich zugleich die Biomasse verringert. Das gesamte Ökosystem wird also gestört

C. Auf die Tiere und den Menschen ?

Das geringere Angebot von Pflanzen und deren schlechtere Qualität wirkt sich unmittelbar auf die Tierwelt aus. Saurer Regen vernichtet Kalzium, ein Element, das in der Ernährung der Vögel leider eine wichtige Rolle spielt. Ohne Ca kommt es zu Fehlbildungen der Eier; diese werden außerdem sehr zerbrechlich. Darüber hinaus führt Kalziummangel zum Aussterben von Schalen- und Krustentieren. Alle diese Auswirkungen beeinträchtigen das Ökosystem und gefährden damit auch die Artenvielfalt. Für den Menschen kommt hinzu, dass das im sauren Regen enthaltene Schwefeldioxid mit Wasserdampf und anderen chemischen Bestandteilen reagiert. Dadurch bildet sich Sulfat. Sulfat ist eines der Gase, die für die Bildung von „Smog“ verantwortlich sind. Sulfat schadet der menschlichen Gesundheit. Es verursacht Entzündungen und Schädigungen des Lungengewebes; es löst Herz- und Atemprobleme aus. Wenn es auf der Erde Schwefelsäure regnete, würden die meisten Lebewesen unmittelbar in Kohlenstoffsäuren verwandelt.

D. Auf die Böden ?

Die Auswirkungen des sauren Regens auf die Böden sind :

- Die Auswaschung der Nährstoffe aus dem Boden. Das Aluminium, das normalerweise im Boden gebunden ist, gelangt in das Grundwasser.
- Das Verschwinden wesentlicher Nährstoffe für die Pflanzen wie Ca, K und Mg.
- Der Rückgang der Mikroorganismen. Diese sind jedoch sehr wichtig, da sie organische Stoffe abbauen und damit Nährstoffe freisetzen.
- Die Anhäufung und Auswaschung aus dem Boden von Schwermetallen und giftigen Metallen (Aluminium, Cadmium und Quecksilber) durch ihre Reaktionen mit den Säuren.

E. Auf die Gebäude ?

Saurer Regen beschleunigt das Verwittern von Gebäuden, Denkmälern und Materialien. An Metallen verursacht er Korrosion und eine Oberflächenverschmutzung durch die Ablagerung von Partikeln. Kalk und Marmor verwandeln sich in Gips. Stahlkonstruktionen werden spröde, körnig und brüchig.

9) Welche Auswirkungen haben saure Böden auf die Bäume, die darin wachsen ?

Die Bäume werden geschwächt. Saurer Regen setzt Aluminium frei (ein für die Pflanzen toxisches Element, das ihre Wurzeln schädigt und damit die Wasseraufnahme beeinträchtigt) und löst wichtige Nährstoffe auf. Eine zu hohe Al-Konzentration im Boden führt zum Tod von Nematoden und Regenwürmern. Bäume werden anfälliger für Parasiten, Viren, Pilze und schädliche Insekten. Schlimmstenfalls stirbt der Baum ab. Durch den sauren Regen werden aus dem Boden Nährstoffe ausgewaschen (Ca, K, Mg). Der daraus resultierende Mineralstoffmangel schwächt die Bäume und lässt sie sogar absterben. Die Wachsschicht der Blätter wird angegriffen. Braune Flecken, die dadurch entstehen, stören und beeinträchtigen die Photosynthese, die Nährstoffproduktion und die Erzeugung von Energie.

10) Wie hat sich der Säuregrad des Regens seit den 1980er Jahren entwickelt und wie sind die Zukunftsaussichten ?

Die Reformen der 1970er Jahre zur Reduzierung der Emission von Gasen, die sauren Regen verursachen (SO₂), haben zu einer Einschränkung des Phänomens geführt, doch es müssen noch mehr Anstrengungen unternommen werden.

11) Kann man den Regen basisch machen ?

Nein, denn basische Stoffe haben ihren Ursprung zumeist in Metallen. Diese bleiben in der Atmosphäre weiterhin Feststoffe. Folglich reagieren sie nicht mit dem Wasser und verdunsten nicht, bilden also keine Wolken.

12) Welche Lösungen gibt es, um die Versauerung der Umwelt zu verringern ?

Eine Lösungsmöglichkeit kommt aus Schweden: Dort wirft man Kalk in die sauren Seen, um den pH-Wert wieder anzuheben und so zu verhindern, dass der See „stirbt“.

Man kann auch Kalzium (Ca) auf den Nährboden von Pflanzen streuen, um den pH-Wert zu neutralisieren, denn der saure Regen raubt dem Boden das Ca, ein unverzichtbares Element für die Entwicklung der Pflanzen.

Leider sind all dies keine Dauerlösungen. Sie beschränken auch nur die Auswirkungen des sauren Regens, verringern jedoch nicht dessen Menge!

13) Was kannst du selbst unternehmen, um die Situation zu verbessern ?

Wir können alle versuchen, unseren Schadstoffausstoß möglichst gering zu halten, Wasser und Energie einzusparen und unseren ökologischen und aquatischen Fußabdruck zu reduzieren.

- Den Verbrauch fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) einschränken.
- Sonnenkollektoren und Windkraftanlagen aufstellen.
- Schornsteine mit Filtern ausstatten, damit weniger Gase entweichen.
- Einen Wasserspar-Duschkopf verwenden.
- Den Geschirrspüler und die Waschmaschine nur anschalten, wenn sie voll ausgelastet sind.
- Die Wäsche zum Trocknen aufhängen, statt sie in den Wäschetrockner zu stecken.
- In der Küche den Gebrauch eines Abfall-Zerkleinerers vermeiden.
- Kellerräume, Türen und Fenster isolieren.
- Die Heizung nachts herunterdrehen.
- Mit EnergyStar oder Ökolabel ausgezeichnete Produkte kaufen oder lokale Produkte verwenden.
- Statt mit dem Auto zu fahren, zu Fuß gehen, das Fahrrad oder den Bus nehmen, Fahrgemeinschaften bilden.
- Die Freisetzung von FCKW verhindern, die vor allem in Kühlsystemen, Aerosolen und Isolierschaum enthalten sind

14) Anhand welcher Reaktion(en) könntest du im Labor SO₂, eine der hauptverantwortlichen Substanzen für den sauren Regen, leicht selbst herstellen ?

Durch die Verbrennung von Schwefel : $S + O_2 \rightarrow SO_2$

15) Wie könntest du durch ein Experiment beweisen, dass Regen von Natur aus sauer ist, zugleich aber auch nachweisen, dass SO₂ et NO₂ diesen Säuregehalt erhöhen und sauren Regen verursachen ?

Wir könnten den pH-Wert eines Flaschenwassers oder des Leitungswassers messen und ihn mit dem pH-Wert des Regenwassers vergleichen. Um zu zeigen, dass SO₂ und NO₂ den Regen noch saurer machen, könnten wir in einem Experiment diese Gase mit Wasser mischen und den pH-Wert messen



PÄDAGOGISCHES TOOL 3: DOKUMENT IN ENGLISCHER SPRACHE

Link zum Text und zum Video: <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/acid-rain/>

ACID RAIN : THIS DANGEROUS PRECIPITATION CAN HAVE SERIOUS CONSEQUENCES FOR THE ECOSYSTEM.

Causes

Acid rain describes any form of precipitation with high levels of nitric and sulfuric acids. It can also occur in the form of snow, fog, and tiny bits of dry material that settle to Earth.

Rotting vegetation and erupting volcanoes release some chemicals that can cause acid rain, but most acid rain falls because of human activities. The biggest culprit is the burning of fossil fuels by coal-burning power plants, factories, and automobiles.

When humans burn fossil fuels, sulfur dioxide (SO_2) and nitrogen oxides (NO_x) are released into the atmosphere. These chemical gases react with water, oxygen, and other substances to form mild solutions of sulfuric and nitric acid. Winds may spread these acidic solutions across the atmosphere and over hundreds of miles. When acid rain reaches Earth, it flows across the surface in runoff water, enters water systems, and sinks into the soil.



(A virtual tree-graveyard of Norway spruce trees in Poland bears the scars of acid rain. Caused when rain droplets absorb air pollution like sulfur and nitrogen oxides, acid rain weakens trees by dissolving nutrients in the soil before plants can use them.

Photograph by David Woodfall/Getty Images)

PÄDAGOGISCHES TOOL 3: DOKUMENT IN ENGLISCHER SPRACHE

Effects

Acid rain has many ecological effects, but none is greater than its impact on lakes, streams, wetlands, and other aquatic environments. Acid rain makes waters acidic, and causes them to absorb the aluminum that makes its way from soil into lakes and streams. This combination makes waters toxic to crayfish, clams, fish, and other aquatic animals.

Acid rain also damages forests, especially those at higher elevations. It robs the soil of essential nutrients and releases aluminum in the soil, which makes it hard for trees to take up water. Trees' leaves and needles are also harmed by acids.

The effects of acid rain, combined with other environmental stressors, leave trees and plants less able to withstand cold temperatures, insects, and disease. The pollutants may also inhibit trees' ability to reproduce. Some soils are better able to neutralize acids than others. In areas where the soil's "buffering capacity" is low, the harmful effects of acid rain are much greater.

What can be done?

The only way to fight acid rain is by curbing the release of the pollutants that cause it. This means burning fewer fossil fuels. Many governments have tried to curb emissions by cleaning up industry smokestacks and promoting alternative fuel sources. These efforts have met with mixed results. But even if acid rain could be stopped today, it would still take many years for its harmful effects to disappear.

Liste de vocabulaire :

to be able to	zu etw. fähig sein	mild	schwach
the biggest culprit	der Hauptschuldige	a needle	eine Nadel
to burn	brennen	to reach	erreichen
a clam	eine Venusmuschel	to release	freisetzen
a coal-burning power plant	ein Kohlekraftwerk	to rob	rauben
a crayfish	ein Flusskrebs, eine Languste	rotting vegetation	faulende Vegetation
to curb	bremsen, reduzieren	the soil	der Boden
a disease	eine Krankheit		
fewer	weniger	a way of...	eine Art und Weise (etwas zu tun)
the fuels	Brennstoffe, Kraftstoffe	to weaken	schwächen
to harm	schädigen	a nutrient	ein Nährstoff
a leaf > leaves	Blätter (eines Baumes)	to withstand	widerstehen
to leave	(ver)lassen	none	keine(r)
a stream	ein Strom	a volcano (-es)	ein Vulkan
the wetlands	die Feuchtgebiete	a chemical	eine Chemikalie
to occur	passieren	to damage	schädigen
to settle to...	sich niederlassen (auf)	to spread	sich verbreiten, sich ausbreiten
the Earth	Die Erde	runoff waters	Niederschlagswasser
to sink	sinken	a pollutant	ein Schadstoff
the soil	der Boden	to inhibit	verhindern
a graveyard	ein Friedhof	the buffering capacity	die Pufferkapazität
a spruce (tree)	eine Fichte	the industry smokestacks	die Schornsteine, die Rauchgase der Industrie
to bear	tragen	to promote	fördern
a scar	eine Narbe	a (rain) droplet	ein (Regen)Tröpfchen



PÄDAGOGISCHES TOOL 5 : ANALYSE DES ENGLISCHEN DOKUMENTS : VERBESSERUNGSBOGEN

Lies das Dokument und beantworte die nachfolgenden Fragen :
Formuliere deine Antworten auf Deutsch.

1. Nenne einige Ursachen des sauren Regens.

Die von Mikroorganismen zersetzte Vegetation, Vulkanausbrüche und menschliches Handeln (die Verbrennung fossiler Brennstoffe/Kraftstoffe in Kohlekraftwerken, Fabriken, Fahrzeugen...) zählen zu den Ursachen des sauren Regens.

2. Welche Gase werden beim Verbrennen fossiler Brennstoffe freigesetzt? Mit welchem Ergebnis ?

Schwefeldioxid (SO_2) und Stickoxide (NO_x) sind freigesetzte Gase, die bei der Reaktion mit Wasser, Sauerstoff und anderen Substanzen Schwefelsäure und Salpetersäure produzieren.

3. Nenne einige schädliche Auswirkungen des sauren Regens.

Der saure Regen ist mit vielen nachteiligen Auswirkungen für die Umwelt verbunden. Er versauert das Wasser und hat zur Folge, dass das aquatische Milieu Aluminium aufnimmt. In dieser Kombination wirkt das Wasser für Flusskrebse, Venusmuscheln, Fische und andere Wassertiere toxisch.

Der saure Regen verursacht große Waldschäden (vor allem in Höhenlage). Er nimmt dem Boden Nährstoffe, setzt Aluminium frei und schädigt die Blätter und Nadeln der Bäume.

Er beeinträchtigt die Widerstandsfähigkeit von Bäumen und Pflanzen gegenüber niedrigen Temperaturen, Insekten und Krankheiten; er beschränkt die Vermehrungsfähigkeit der Bäume.

4. (Bonus) Welche Maßnahmen können dazu beitragen, die Bildung von saurem Regen einzuschränken ?

Wir müssen weniger Schadstoffe erzeugen, die sauren Regen verursachen. Zum Beispiel: weniger fossile Brennstoffe/Kraftstoffe verwenden.



PÄDAGOGISCHES TOOL 6 : ANWEISUNGEN FÜR DIE SYNTHESARBEIT

VERFASSE NACH DER ANALYSE DER DOKUMENTE EINE SYNTHESE, UM DIE PROBLEMATIK DES SAUREN REGENS ZU ERLÄUTERN UND ZU VERANSCHAULICHEN.

- Bevor du deinen Text verfasst, ist es wichtig, die Dokumente aufmerksam zu lesen. Erstelle einen Plan deines Textes indem du den Fragebogen beantwortest, der in der Klasse verteilt wird.
- Unterteile deinen Text beim Schreiben in mehrere Absätze (Kontext - Hauptteil - Schlussfolgerung) :
 - Im Kontext beschreibst du den Rahmen der Aktivität.
 - Im Haupttext fasst du deine Analysen zusammen und hebst die Ursachen und Folgen des sauren Regens hervor. Vergiss bei der genaueren Ausführung der einzelnen Ideen nicht, jede in einem separaten Unterabsatz zu behandeln.
 - Fasse in der Schlussfolgerung kurz zusammen, was du bei dieser Aktivität entdeckt oder festgestellt hast.
- Verfasse den Text unter Verwendung logischer Verbindungswörter, damit deine Synthese sich flüssiger liest, und achte dabei auf den Wortschatz, den du verwendest.

Achtung, es handelt sich um eine Synthese: Alle Fakten müssen in eine logische Reihenfolge gebracht werden (die Ursachen vor den Folgen!), ohne dass du deine Meinung dazu äusserst.



PÄDAGOGISCHES TOOL 7: VERSUCHSPROTOKOLL

EXPERIMENT ÜBER DIE VERSAUERUNG DES REGENWASSERS DURCH SO_2

Material :

Vorgehensweise :

Versuchsanordnung :

Beobachtungen :

- Gib den pH-Wert jeder analysierten Wasserprobe an ?

- Klassiere die Wasserproben nach ihrem zunehmenden Säuregrad.

PÄDAGOGISCHES TOOL 7 : VERSUCHSPROTOKOLL

- Schreibe die Gleichung der Reaktion bei der Verbrennung von Schwefel auf. Welche chemische Verbindung entsteht dabei ?

- Beschreibe das Gas: Farbe, Geruch, opak oder transparent, schwerer als Luft oder nicht ?

- Welche Substanz entsteht, wenn bei der Reaktion das Gas mit Wasser vermischt wird? Ist dieses Gas wasserlöslich ?

- Welche Schlüsse kannst du daraus ziehen? Verursachen Schwefelverbindungen sauren Regen ?

EXPERIMENT ÜBER DIE VERSAUERUNG DES REGENWASSERS DURCH NO_2

Material :

Vorgehensweise :

PÄDAGOGISCHES TOOL 7 : VERSUCHSPROTOKOLL

Versuchsordnung :

Beobachtungen :

- Gib den pH-Wert jeder analysierten Wasserprobe an ?

- Klassiere die Wasserproben nach ihrem zunehmenden Säuregrad.

- Beschreibe das Gas: Farbe, Geruch, opak oder transparent, schwerer als Luft oder nicht ?

- Welche Substanz entsteht, wenn bei der Reaktion das Gas mit Wasser vermischt wird? Ist dieses Gas wasserlöslich ?

- Welche Schlüsse kannst du daraus ziehen? Verursachen Nitroverbindungen sauren Regen ?



PÄDAGOGISCHES TOOL 8 : VERSUCHSPROTOKOLL : VERBESSERUNGSBOGEN

Experiment über die Versauerung des Regenwassers durch SO_2

Material :

- 2 bis 3 Glasgefäße (Becherglas oder normales Glas)
- 1 kleiner Brenntopf (Tiegel)
- 1 Bunsenbrenner oder ein anderes Hilfsmittel zur Erzeugung einer stetigen Flamme
- Festen Schwefel
- 1 Abzugshaube
- 1 Holzspanne (um den Tiegel während des Brennvorgangs festzuhalten)
- 1 großes Glasgefäß mit Deckel, das Sauerstoff enthält
- Regenwasser
- Wasser aus der Flasche oder aus dem Wasserhahn
- Handschuhe, eine Schutzbrille und einen Kittel
- 1 pH-Meter oder pH-Papier

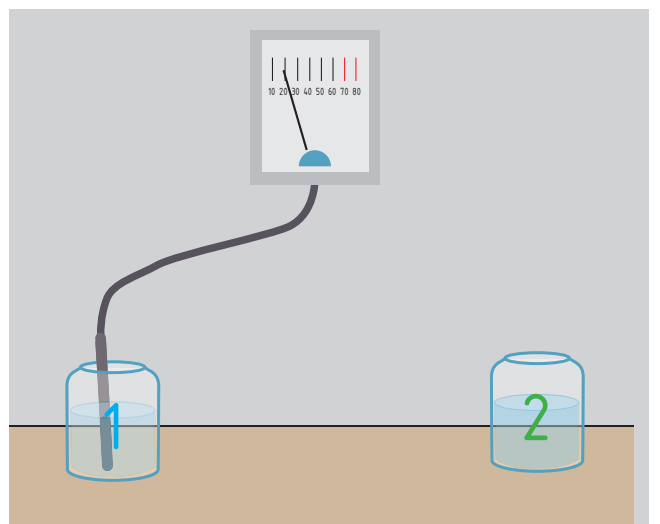
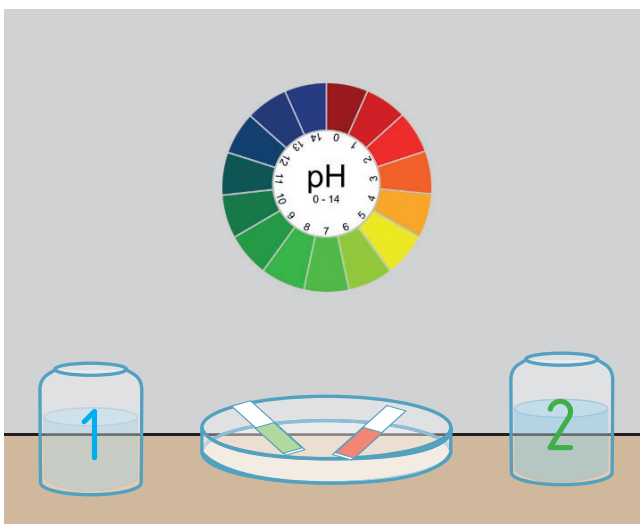
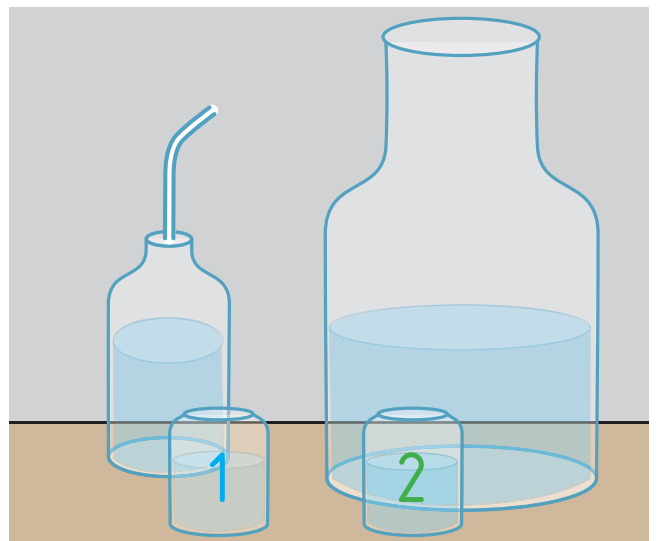
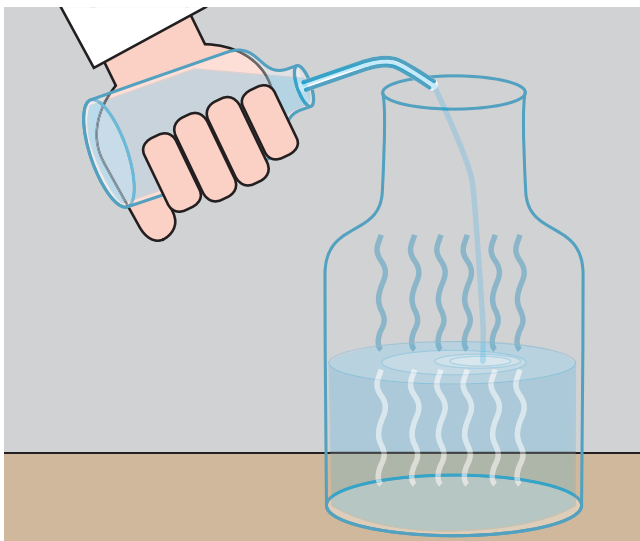
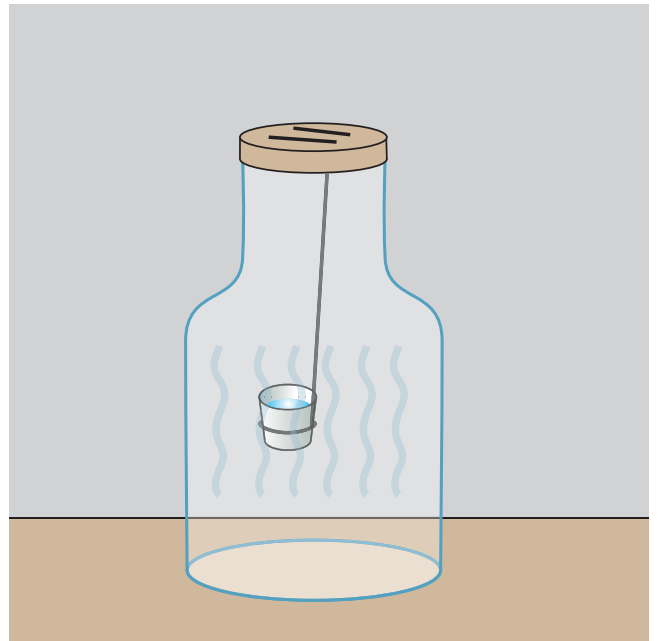
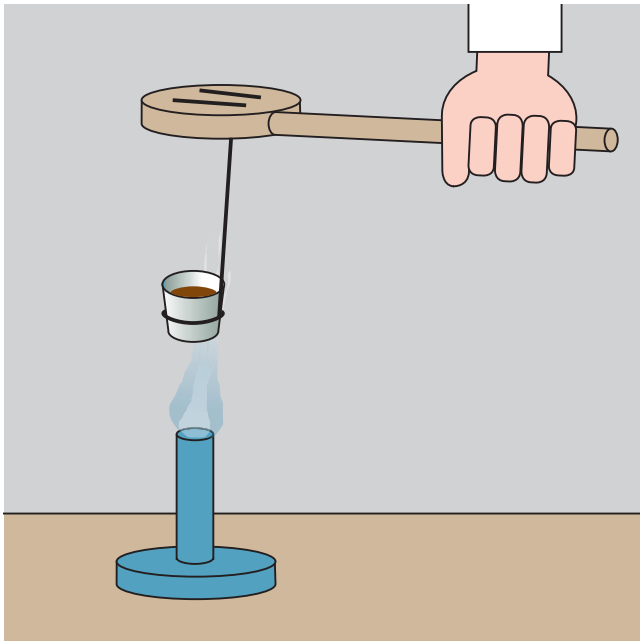
Vorgehensweise :

- Ziehe dir Handschuhe, eine Schutzbrille und einen Kittel an.
- Miss den pH-Wert beider Wasserproben (Regenwasser und Flaschen- oder Leitungswasser).
- Lege das Stück Schwefel in den Tiegel, während du diesen mit der Holzspanne festhältst.
- Halte den Tiegel über den Bunsenbrenner oder eine andere offene Flamme.
- Warte, bis der Schwefel vollständig geschmolzen ist. Stelle dann den Tiegel in das große Glasgefäß mit dem Sauerstoff und verschließe den Deckel wieder. Stelle alles unter die Abzugshaube.
- Gieße Regenwasser in das Gefäß, in dem das Gas erzeugt wurde, verschließe es wieder und schüttele es kräftig.
- Miss den pH-Wert der entstandenen Lösung.

PÄDAGOGISCHES TOOL 8: VERSUCHSPROTOKOLL: VERBESSERUNGSBOGEN

Versuchsanordnung :

<https://tpepluiesacidesclemenceau.wordpress.com/experience-1-la-formation-des-pluies-acides-soufrees/>



PÄDAGOGISCHES TOOL 8: VERSUCHSPROTOKOLL: VERBESSERUNGSBOGEN

Beobachtungen :

- **Gib den pH-Wert jeder analysierten Wasserprobe an ?**
Flaschenwasser: 6,5
Regenwasser: zwischen 5,6 und 6
Mit SO₂ gemischtes Wasser: zwischen 2,5 und 3,5
- **Klassiere die Wasserproben nach ihrem zunehmenden Säuregrad.**
Flaschenwasser - Regenwasser - Regenwasser mit SO₂
- **Schreibe die Gleichung der Reaktion bei der Verbrennung von Schwefel auf. Welche chemische Verbindung entsteht dabei ?**
$$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$$
- **Beschreibe das Gas: Farbe, Geruch, opak oder transparent, schwerer als Luft oder nicht ?**
Das Gas ist opak, farblos und toxisch. Es riecht streng und beißend. Es ist schwerer als Luft.
- **Welche Substanz entsteht, wenn das Gas bei der Reaktion mit Wasser vermischt wird? Ist dieses Gas wasserlöslich ?**
Bei der Reaktion entsteht Schwefelsäure. Ja, dieses Gas ist wasserlöslich.
$$\text{SO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 (\text{g})$$
$$\text{H}_2\text{SO}_3 (\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq})$$

$$\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$$
- **Welche Schlüsse kannst du daraus ziehen? Verursachen Schwefelverbindungen sauren Regen ?**
Wir können schlussfolgern, dass aus den Schwefelverbindungen SO₂ entsteht. SO₂ ist wasserlöslich, kann sich mit dem Regenwasser also leicht vermischen. Es reagiert mit dem Wasser zu Schwefelsäure. Sobald kritische Belastungswerte überschritten werden, entsteht durch das SO₂ tatsächlich saurer Regen.

PÄDAGOGISCHES TOOL 8 : VERSUCHSPROTOKOLL: VERBESSERUNGSBOGEN

Experiment über die Versauerung des Regenwassers durch NO₂

Matériel :

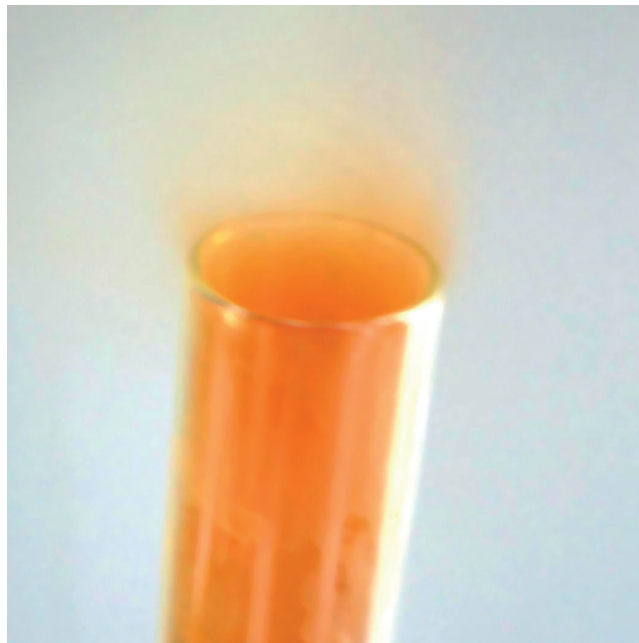
- 2 bis 3 Glasgefäße (Becherglas oder normales Glas)
- 1 großes Glasgefäß mit Deckel, das Distickstoff enthält
- 1 Abzugshaube
- Regenwasser
- Wasser aus der Flasche oder aus dem Wasserhahn
- Handschuhe, eine Schutzbrille und einen Kittel
- 1 pH-Meter oder pH-Papier

Vorgehensweise :

- Ziehe dir Handschuhe, eine Schutzbrille und einen Kittel an.
- Führe dieses Experiment unter einer Abzugshaube durch.
- Miss den pH-Wert beider Wasserproben (Regenwasser und Flaschen- oder Leitungswasser).
- Gieße Regenwasser in das Gefäß mit dem Distickstoff, verschließe es wieder mit dem Deckel und schüttle es kräftig.
- Miss den pH-Wert der entstandenen Lösung.

Versuchsordnung :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde__d%27azote



Beobachtungen :

- Gib den pH-Wert jeder analysierten Wasserprobe an?
Flaschenwasser: 6,5
Regenwasser: zwischen 5,6 und 6
Mit NO₂ gemischtes Wasser: zwischen 2,5 und 3,5

PÄDAGOGISCHES TOOL 8: VERSUCHSPROTOKOLL : VERBESSERUNGSBOGEN

- **Klassiere die Wasserproben nach ihrem zunehmenden Säuregrad.**
Flaschenwasser – Regenwasser – Regenwasser mit NO₂
- **Beschreibe das Gas: Farbe, Geruch, opak oder transparent, schwerer als Luft oder nicht ?**
Ein riechendes, rostfarbenes und toxisches Gas. Es ist schwerer als Luft.
- **Welche Substanz entsteht, wenn bei der Reaktion das Gas mit Wasser vermischt wird? Ist dieses Gas wasserlöslich ?**
Bei der Reaktion entsteht Salpetersäure.
$$3 \text{NO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3 (\text{aq}) + \text{NO} (\text{g})$$
- **Welche Schlüsse kannst du daraus ziehen? Verursachen Nitroverbindungen sauren Regen ?**
NO₂ ist wasserlöslich, kann sich mit dem Regenwasser also leicht vermischen. Es reagiert mit dem Wasser zu Salpetersäure. Werden kritische Belastungswerte überschritten, so entsteht durch das NO₂ tatsächlich saurer Regen.

