



Pädagogisches Arbeitsblatt Nr. 2 :
Wasser und Umwelt: Vorsicht vor
Schadstoffen



LERNZIELE :

Diese Aktivität hat zum Ziel, bestimmte Etappen der wissenschaftlichen Vorgehensweise zu verinnerlichen. Durch das Heranführen an Analysemethoden / eine Dokumentationsrecherche und die Analyse von Grafiken werden die Schüler zum Nachforschen veranlasst. Angesichts eines Themas von entscheidender Bedeutung für die Zukunft unseres Planeten entwickeln die Schüler ihre Fähigkeit zum selbstständigen Denken.

Bei dieser Aktivität erwerben die Schüler folgende Kompetenzen und Wissensinhalte :

- Dokumente analysieren und zusammenfassen
- Auf der Grundlage von Dokumenten begreifen, wie sich ein Schadstoff ausbreitet und wie er von einem Medium auf ein anderes übertragen wird
- Den Begriff der Umweltverschmutzung klar umreißen
- Zwischen natürlicher und anthropogener Umweltbelastung unterscheiden
- Die verschiedenen Arten von Umweltverschmutzung unterscheiden
- Eine Concept Map erstellen
- Schadstoffe identifizieren und sie mit menschlichen Aktivitäten in Verbindung bringen, die für ihre Einbringung in das Wasser, die Atmosphäre oder den Boden verantwortlich sind
- Lösung von Gleichungen und Ungleichungen vom Typ : $f(x) = g(x)$, $f(x) < g(x)$, $f(x) > g(x)$; mit Hilfe von Funktionsgraphen
- Mit Hilfe von Funktionsgraphen die Bildmenge finden
- In einem Kontext, der den Vergleich mehrerer Funktionsgraphen erfordert, eine Frage beantworten
- Eine statistische Untersuchung durchführen und die Daten mit Hilfe eines EDV-Tools (Tabellenfunktion) verarbeiten
- Eine grafische Darstellung auswerten
- Mit EDV-Tools richtig umgehen

WICHTIGSTE LERNZIELE :

- UAA 11 : Menschliches Handeln und Veränderungen der Umwelt.
Lernziel: Nach dem Prinzip des forschenden Lernens, Analyse der Auswirkungen menschlichen Handelns, durch das Schadstoffe in ein Ökosystem gelangen.
- MQ32-UAA 1 : Grafische Herangehensweise an eine Funktion. Lernziel: Suche nach Informationen über eine Funktion auf der Grundlage ihrer grafischen Darstellung.
- MQ32-UAA3 : Statistik
Lernziel: Eine Tabelle, eine grafische Darstellung, ein Diagramm in Bezug auf eine Reihe statistischer Daten richtig lesen und selbst erstellen.
Die Kennwerte eines Satzes statistischer Daten berechnen und interpretieren.
Die Tragweite grafischer oder digitaler Informationen korrekt interpretieren und kritisch betrachten.



TOTAL

7 Unterrichtsstunden:
4 Stunden im Fach
naturwissenschaftliche Ausbildung
und 3 Stunden im Fach Mathematik



SITUATIONSBESCHREIBUNG :

Bei der UN-Weltkommission für Umwelt und Entwicklung wurden Luftschadstoffe als Schwerpunktthema behandelt. Worum genau handelt es sich? Wie entstehen Luftschadstoffe und was sind ihre Folgen? Dies sind Fragen, die sich die Menschen stellen. Um den Bürgern zu helfen, die Problematik der Luftschadstoffe und ihre Auswirkungen auf die Wasserqualität besser zu verstehen, sollen die Schüler eine Bewusstseinsbildungskampagne vorbereiten. Als wissenschaftliche Experten (Prüfer von Umweltschutzmaßnahmen, Umweltberater, Studienbeauftragte in Umweltfragen, Forscher der Biotechnologie, Labortechniker im Wasseranalyse-Labor, Statistiker) sensibilisieren die Schüler die Bevölkerung für die Ursachen, Probleme und Risiken in Verbindung mit der Umweltbelastung durch die Übertragung von Schadstoffen.

Die Bewusstseinsbildungskampagne kann an einem Tag der offenen Tür in der Schule stattfinden. Mögliche Vorgehensweise: Präsentation einer Concept Map mit allen Informationen aus der Dokumentenanalyse.



GRUNDVORAUSSETZUNGEN :

● MQ22-UAA 3 : Statistik mit einer Variablen

Lernziel: Eine Tabelle, eine grafische Darstellung, ein Diagramm in Bezug auf eine Reihe statistischer Daten richtig lesen und selbst erstellen.

Die Kennwerte eines Satzes statistischer Daten berechnen und interpretieren.



Die Schüler sind in der Lage, mit Hilfe einer Tabellensoftware statistische Daten zu verarbeiten: Berechnung des Mittelwerts und der Standard-Abweichung; Darstellung des Boxplots; Bestimmung des Interquartilabstands.



ABLAUF DER AKTIVITÄT :

PHASE 1:

1 Unterrichtsstunde

- Vor der Verteilung der Unterlagen verfasst jeder Schüler eine kurze schriftliche Beschreibung dessen, was er unter Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzung usw. versteht. Diese Etappe ermöglicht den Schülern, ihre ursprünglichen Vorstellungen festzuhalten. Die Schüler müssen ihre Beschreibungen aufbewahren, um später darauf zurück zu kommen.
-  **Verteilung der Dokumente.** Jeder Schüler erhält ein schriftliches Dokument(1), sowie einen Fragebogen, der ihm bei der Analyse des Dokuments helfen soll ( 1).
- **Individuelle Lektüre und Analyse der Unterlagen.** Die Schüler nehmen den Inhalt des Dokuments zur Kenntnis und beantworten den Fragebogen. Anhand dieser Antwortelemente gestalten die Schüler ihre Concept Map.

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



LERNZIELE :

- **Kenntnisse:** Auf der Grundlage von Dokumenten begreifen, wie sich ein Schadstoff ausbreitet und wie er von einem Medium auf ein anderes übertragen wird ;

Ressourcen: Verständnis der Umweltverschmutzung und Unterscheidung der natürlichen und anthropogenen Umweltbelastung.

PHASE 2 :

1 Unterrichtsstunde

- **Verteilung der Fragebogen** ( 2). Jeder Schüler erhält einen Fragebogen, der ihm dabei helfen soll, ein Videodokument zu analysieren. Die Schüler nehmen die Fragen zur Kenntnis, um ihre Teilnahme an der Aktivität zu optimieren.
-  **Ansicht eines Video-Dokuments.** Alle Schüler der Klasse sehen eine Video-Sequenz über die Problematik der Luftschadstoffe(2). Bei Bedarf kann das Video mehrfach angeschaut werden.
- **Individuelle Analyse des Video-Dokuments.** Während er die Video-Sequenz anschaut, vervollständigt jeder Schüler das Dokument mit der Fragenliste. Anhand dieser Antwortelemente gestalten die Schüler ihre Concept Map.

Falls die Analyse des Videos den Schülern Schwierigkeiten bereitet, können Sie zu Ihrer Unterstützung auf den entsprechenden Verbesserungsbogen zurückgreifen.

Durch diese Dokumentenanalyse werden die Schüler in eine Forschungssituation versetzt und können ihre ursprünglichen Vorstellungen mit den gefundenen Informationen abgleichen.

Die Phase 1 und 2 können unabhängig voneinander absolviert werden. Für einen positiven Ablauf dieser Sequenz stellt das Durchlaufen beider Phasen keine notwendige Voraussetzung dar.

LERNZIELE :

- **Kenntnisse:** Auf der Grundlage von Dokumenten begreifen, wie sich ein Schadstoff ausbreitet und wie er von einem Medium auf ein anderes übertragen wird ;

Ressourcen: Verständnis der Umweltverschmutzung und Unterscheidung der natürlichen und anthropogenen Umweltbelastung

PHASE 3 :

1 Unterrichtsstunde

- **Vorbereitung und Austausch** (📄 3). Lassen Sie den Schülern ein wenig Zeit, um die Tabelle individuell auszufüllen. Anschließend werden die Schüler im Klassenverband aufgefordert, nacheinander die gleiche Tabelle im Großformat mit einem Schadstoff oder einer Ursache zu vervollständigen.
- **Verteilung der Verbesserungsbogen** (📄 4, 5 et 6) zur Analyse der Dokumente und zur gemeinsamen Tabelle. So verfügen alle Schüler über eine korrekte Informationsgrundlage zum Anfertigen ihrer Concept Map.
- **Anfertigung einer Concept Map** (📄 7) um Dritte über Schadstoffe zu informieren. Die Schüler gestalten im Klassenverband eine Concept Map mit allen Schadstoffen, deren Entstehungsursachen (sowie den Mechanismen, die sie beeinflussen) und negativen Auswirkungen.

Diese 3 Phasen ermöglichen, Schadstoffe zu identifizieren und sie mit den menschlichen Aktivitäten in Verbindung bringen, die für ihre Einbringung in die Atmosphäre verantwortlich sind.

COMPÉTENCES :

- (Optional) Verwendung von IKT zur Anfertigung der Concept Map.

PHASE 4 :

1 Unterrichtsstunde

Die Schüler interessieren sich für die Übertragungswege dieser Luftschadstoffe auf das Wasser und untersuchen ihre Auswirkungen auf die Wasserqualität.

- **Verständnis der Übertragung von Luftschadstoffen** an die Oberflächengewässer oder das Grundwasser. Kurze mündliche Beschreibung der Übertragungsmodalitäten durch die Schüler. Diese Etappe ermöglicht den Schülern, ihre ursprünglichen Vorstellungen festzuhalten.
- **Ansicht eines Video-Dokuments**. Alle Schüler der Klasse schauen eine Videosequenz über die Übertragung von Luftschadstoffen an das Wasser an. Bei Bedarf kann das Video mehrfach angesehen werden.
- **Individuelle Analyse des Video-Dokuments**. Nach dem Anschauen des Videos verfasst jeder Schüler eine Synthese über das Phänomen.
- **Strukturierung** : Austausch und Synthese des aufgebauten Wissens (📄 8).
- **Verteilung der Ausbildungsprogramme** für die in Verbindung mit dieser Aktivität kennen gelernten Berufe (verfügbar in der Box der Berufe).

PHASE 5⁽³⁾ :

- **Grafische und statistische Analyse** der Entwicklung der Konzentration der wichtigsten Luftschadstoffe im Laufe eines Tages ( 9).


Die Schüler führen eine statistische Analyse der grafischen Darstellung durch, indem sie die Fragen zu den Daten beantworten.

Die Schüler dürfen hier in Zweiergruppen arbeiten. Innerhalb einer Zweiergruppe, Aufteilung in Bezug auf Punkt A: Grafik zur Ozon-Entwicklung und Grafik zum Feinstaub; und in Bezug auf Punkt B: die Mayersche Methode und die Methode der kleinsten Quadrate. Die übrigen Fragen beantworten die Schüler zu zweit.

COMPÉTENCES :

- MQ32-UAA 1 : Grafische Darstellung einer Funktion
- MQ32-UAA3 : Statistik mit einer Variablen
- MQ34-UAA2 : Statistik mit zwei Variablen

PHASE 6 :

- **Strukturierung** ( 10). Gemeinsame Verbesserung im Klassenverband.

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 für diese Berufe :

- Studienbeauftragte/-r in Umweltfragen (AP1, AP4, AP6, AP15)
- Biotechnologie-Forscher/-in (AP4, AP5, AP6)
- Umweltberater/-in (AP1, AP4, AP6, AP10, AP11, AP12}
- Inspektor/-in für die Bekämpfung von Umweltverschmutzung (AP4, AP6)
- Labortechniker/-in im Wasseranalyse-Labor (AP1, AP4, AP5, AP6)
- Statistiker/-in (AP2, AP3, AP6, AP7, AP8, AP9, AP11, AP12, AP14, AP15, AP16)



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 der Analyse der Wasserqualität genauer kennen lernen.

- (1) Entweder alle Schüler erhalten das gleiche Dokument oder jeder Schüler erhält einen unterschiedlichen Teil des Dokuments.
- (2) Entweder das VIDÉO-1 oder das VIDÉO-2. Das VIDÉO-1 ist älter, aber vollständiger als das VIDÉO-2.
- (3) Die statistische Analyse kann mit Hilfe eines Tabellenprogramms durchgeführt werden; dazu wird allerdings eine Informatikklasse benötigt.



PÄDAGOGISCHE RESSOURCEN :

- **Omer7. Les sources anthropiques de polluants [online]. 2010.**
Verfügbar unter : <http://omer7.sedoo.fr/mallette/fiches/Les-sources-anthropiques-de-polluants> (27/05/2019).
- **Omer7. Les sources naturelles de composés atmosphériques [online]. 2010.**
Verfügbar unter : <http://omer7.sedoo.fr/mallette/fiches/Sources-naturelles-de-composes-atmospheriques> (27/05/2019).
- **Omer7. Animation les polluants [online]. 2010.**
Verfügbar unter : <http://omp-web2.omp.obs-mip.fr/omer7a/#source-industrie> (27/05/2019).
- **Mtaterre. La pollution : des effets néfastes pour l'environnement et la santé [online]. 2016.**
Verfügbar unter : <https://www.mtaterre.fr/node/188> (27/05/2019).
- **SIGES Midi-Pyrénées. Animation sur le transfert des polluants dans les aquifères [online].**
Verfügbar unter : <http://sigesmpy.brgm.fr/spip.php?article279> (27/05/2019). (vidéo phase 4)
- **Morbihan. La qualité de l'air et le changement climatique [online].**
Verfügbar unter : https://csem.morbihan.fr/dossiers/atlas__env/pressions/qualite__air.php (27/05/2019).

VIDEO

- **SVT Mme Aubeuve. Pollution de l'air et effets sur l'appareil respiratoire [online].**
Verfügbar unter : <http://svt-aubeuve.e-monsite.com/pages/pages-cachees/5eme-cartes-mentales/pollution-de-l-air-et-effets-sur-l-appareil-respiratoire.html> (27/05/2019).
- **Futura Planète. Quels sont les différents types de pollutions atmosphériques [online].**
Verfügbar unter : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/pollution-sont-differents-types-pollutions-atmospheriques-344/> (27/05/2019).

MATHE

- **CERES- LOYE Marie-Dominique. Environnement.ens : La pollution atmosphérique [online].**
Verfügbar unter : <http://www.environnement.ens.fr/IMG/file/Atelier%20Pollution%20atmosph%C3%A9rique%202014/Pollution%20%20atmosph%C3%A9rique%20S%C3%A9ance%20polluants%20%20MDo%20CERES%20141014%20vf2.pdf> (27/05/2019).



PÄDAGOGISCHES TOOL 1: HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE

Schadstoffe identifizieren und mit den menschlichen Aktivitäten in Verbindung bringen, die für ihre Freisetzung in die Atmosphäre verantwortlich sind :

A) Findet in eurem Dokument die Antworten auf folgende Fragen :

1) Welche Schadstoffe werden von Pflanzen erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

2) Welche Schadstoffe werden im Boden erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

3) Welche Schadstoffe werden in den Ozeanen erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

4) Welche Schadstoffe werden durch Winderosion erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

PÄDAGOGISCHES TOOL 1: HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE

5) Welche Schadstoffe werden von Vulkanen erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

6) Welche Schadstoffe werden durch Blitze erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

7) Welche Schadstoffe entstehen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

8) Welche Schadstoffe entstehen durch die **Verbrennung von Biomasse**? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

PÄDAGOGISCHES TOOL 1 : HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE

9) Welche Schadstoffe werden in den **Emissionen der Industrie und des Tertiärsektors** freigesetzt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

.....

.....

.....

10) Welche Schadstoffe entstehen bei der **Verarbeitung von Abfällen**? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

.....

.....

.....

11) Welche Schadstoffe werden von **Landwirtschaft und Tierzucht** verursacht? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

.....

.....

B) Liste der Schadstoffe natürlichen und anthropogenen Ursprungs.

Noms	Chemische Formeln und Akronyme
Methan	CH ₄
Aerosole	Oberbegriff für die (festen oder flüssigen) Feinpartikel einer chemischen Substanz oder eines Gemischs von chemischen Substanzen, die in einem gasförmigen Medium schweben.
Schwermetalle	Pb, Hg, Cd
Flüchtige organische Verbindungen	COV
Stickstoffverbindungen (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid)	NO _x (NO et NO ₂)
Fluorverbindungen : <ul style="list-style-type: none"> • Fluorkohlenwasserstoffe • Fluorchlorkohlenwasserstoffe • Perfluorierte Kohlenwasserstoffe 	HFC HCFC PFC
Chlorierte und fluorierte Verbindungen (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) und Halogenierte bromhaltige chemische Verbindungen.	CFC Halone
Persistente organische Schadstoffe (Dioxine, Furane, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Polychlorbiphenyl and Hexachlorbenzol)	POP (les dioxines, les furanes, HAP, PCB et HCB)
Distickstoffoxid	N ₂ O
Ammoniak	NH ₃
Schwefeldioxid	SO ₂
Kohlenmonoxid	CO
Kohlendioxid	CO ₂
Ozon	O ₃



PÄDAGOGISCHES TOOL 2 : HILFE BEI DER ANALYSE DER VIDEO-DOKUMENTE

VIDEO-1 : C'est pas sorcier

1) Nenne die verschiedenen Schichten der Atmosphäre.

2) Was sind die Hauptbestandteile der Luft, die wir atmen ?

3) Welche natürlichen Schadstoffbelastungen gibt es ?

4) Welche Schadstoffe werden von der Natur selbst erzeugt? (Wie entstehen sie?)

5) Welche sind die wichtigsten anthropogenen Schadstoffbelastungen in den Städten? Klassiere sie in absteigender Rangfolge.

6) Welche Schadstoffe entstehen durch den Verkehr? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

7) Welche Schadstoffe werden von der Industrie verursacht? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

8) Verursachten anthropogene Schadstoffquellen in den 1950er Jahren eine Umweltbelastung gleicher Art und gleichen Ausmaßes wie heute ?

PÄDAGOGISCHES TOOL 2 : HILFE BEI DER ANALYSE DER VIDEO-DOKUMENTE

9) Wie entsteht Kohlenmonoxid (CO)? Ist es gefährlich? Wie kann man es bekämpfen ?

10) Wie entsteht Stickstoffoxid (NO₂)? Ist es gefährlich? Wie kann man es bekämpfen ?

11) Wie entstehen Kohlenwasserstoffe (HC)? Sind sie gefährlich? Wie kann man sie bekämpfen ?

12) Welche Schadstoffe sind für die Verwitterung von Gebäuden verantwortlich ?

13) Wie entsteht Schwefeloxid (SO₂)? Ist es gefährlich? Wie kann man es bekämpfen ?

14) Welche Maßnahmen kann man ergreifen, um die Schadstoffbelastung durch den Verkehr zu verringern ?

15) Wie kontrolliert man die Luftqualität ?

PÄDAGOGISCHES TOOL 2 : HILFE BEI DER ANALYSE DER VIDEO-DOKUMENTE

16) Wie wirken sich Schadstoffe auf Pflanzen aus ?

17) Wie wird Ozon (O_3) gebildet? Ist es gefährlich ?

18) Welche Schadstoffe sind für die Zerstörung der Ozonschicht verantwortlich ?

19) Wie wirken sich Schadstoffe aus ?

PÄDAGOGISCHES TOOL 2 : HILFE BEI DER ANALYSE DER VIDEO-DOKUMENTE

VIDEO-2 : Futura planète

1) Was waren die ersten Hauptursachen der Luftverschmutzung ?

2) Inwiefern hat sich die Entstehung dieser ersten Luftschadstoffe verändert ?

3) Welche neuen Luftschadstoffe bekämpfen wir heute ?

4) Spielt das Klima eine Rolle bei der Entstehung von Schadstoffen ?

5) Ergreifen die Behörden der einzelnen Länder Maßnahmen zur Einschränkung der Luftverschmutzung ?



PÄDAGOGISCHES TOOL 3 : ERARBEITUNG EINER CONCEPT MAP

A) Tabelle mit den Schadstoffen und ihren natürlichen oder anthropogenen Ursachen.

- Vervollständige diese Tabelle, um dir die Erstellung deiner Concept Map zu erleichtern.

Eine Concept Map ist eine grafische Darstellung verschiedener Konzepte, die miteinander in einem Zusammenhang stehen. Sie ermöglicht auch, Informationen zu strukturieren und einzuordnen.

(https://www.vteducation.org/sites/default/files/images/Yves%20Munn/carteconceptuelle__baiecomeau.pdf)

Schadstoffe	Natürlicher Ursprung	Anthropogener Ursprung	Auswirkungen (Klima, Gesundheit, saurer Regen, Umweltverschmutzung)
CH ₄			
Aerosole			
Pb, Hg, Cd			
COV			
NO _x (NO end NO ₂)			
HFC HCFC PFC			
CFC Halone			
POP (Dioxine, Furane, HAP, PCB et HCB)			
N ₂ O			
NH ₃			
SO ₂			
CO			
CO ₂			

B) Verursacht die Natur mehr Luftschadstoffe als der Mensch oder ist das Gegenteil der Fall ?

.....

.....

.....



PÄDAGOGISCHES TOOL 4:

HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE: VERBESSERUNGSBOGEN

Schadstoffe identifizieren und mit den menschlichen Aktivitäten in Verbindung bringen, die für ihre Freisetzung in die Atmosphäre verantwortlich sind :

A) Findet in eurem Dokument die Antworten auf folgende Fragen :

1) Welche Schadstoffe werden von Pflanzen erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Pflanzen erzeugen hauptsächlich **VOCs** (flüchtige organische Verbindungen), die durch Reaktion CO bilden. Laubbäume erzeugen vor allem Isoprene und Nadelbäume hauptsächlich **Terpenverbindungen**. Isopren entsteht durch einen enzymatischen Prozess, wobei die Wirksamkeit des Enzyms in direkter Weise vom Licht beeinflusst wird. Die Emission der VOCs steht außerdem in unmittelbarem Zusammenhang mit der Temperatur. Die von der Vegetation gebildeten flüchtigen organischen Verbindungen sind angeblich 5 Mal so zahlreich wie die VOCs anthropogenen Ursprungs.

2) Welche Schadstoffe werden im Boden erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

In den Böden entstehen vor allem 3 Verbindungen: **CH₄** (Methan), **NO** (Stickstoffmonoxid) und **N₂O** (Distickstoffoxid). CH₄ wird bei der Zersetzung organischer Stoffe, d.h. bei deren Vergärung zu Biogas unter der Einwirkung von Bakterien, freigesetzt. Das bestgeeignete Milieu für die Biogaserzeugung bieten Sumpfgebiete, Überschwemmungswälder, Tiere oder auch Termiten. Die Böden bilden auch Aerosole. Außerdem produzieren die Böden **Stickoxide (NO_x)** und **Ammoniak (NH₃)**. Diese sind das Ergebnis der Stickstoffmineralisierung. Unter der Einwirkung gewisser Bakterien verwandelt sich der Stickstoff zuerst in NH₄⁺ und anschließend in NO₃⁻. Die Produktion dieser Gase wird durch den Gehalt an organischen Stoffen im Boden und durch dessen Feuchtigkeit beeinflusst.

3) Welche Schadstoffe werden in den Ozeanen erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

In den Ozeanen entstehen **Kohlenstoffverbindungen** (Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe) und **Schwefel** (vor allem DMS). Im Kontakt mit der Luft oxidiert das Dimethylsulfid (DMS) zu **SO₂** und zu **Sulfat-Aerosolen**. Die Ozeane produzieren ferner eine geringe Menge an **Kohlenwasserstoffen**, sowie **Distickstoffoxid (N₂O)**; im Verhältnis zur Bilanz dieser Verbindungen in der Atmosphäre ist diese jedoch von geringer Bedeutung.

4) Welche Schadstoffe werden durch Winderosion erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Aerosole werden sowohl an der Oberfläche der **Ozeane als auch der Kontinente** gebildet. Wenn unter der Einwirkung des Windes der Wellenkamm bricht, gelangen Luftblasen in das Wasser, zerplatzen und projizieren Mikrotropfen von Meerwasser. Diese werden vom Wind fortgetragen und schließlich ausgetrocknet; dabei entstehen Salzaerosole. Auf dem Land fegt der Wind Mineralpartikel vom Boden auf. Diese aufgewirbelten Stäube werden manchmal über große Entfernungen fortgetragen. Die meisten Stäube entstehen über Wüstengebieten. Witterungsparameter und auch die Eigenschaften des Bodens haben großen Einfluss auf die Bildung von Aerosolen.

5) Welche Schadstoffe werden von Vulkanen erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Bei einem Vulkanausbruch gelangen über die Fumarolen vor allem **CO₂**, aber auch **Schwefelgase** und **Aerosole** unmittelbar in die Atmosphäre.

6) Welche Schadstoffe werden durch Blitze erzeugt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Blitze produzieren **NO_x** (hauptsächlich **NO**). Das NO reagiert schnell mit Sauerstoff zu **NO₂**. Die Stickoxide (NO_x) entstehen bei der Zersetzung des Stickstoffs und des molekularen Sauerstoffes der Luft im erhitzten Umfeld des Blitzes. Die Produktion von NO_x konzentriert sich vor allem auf den Bereich über den tropischen Landmassen. In Bezug auf die NO_x-Emissionen stellen wir ein starkes Ungleichgewicht zwischen den beiden Hemisphären fest; es gibt wesentlich mehr Emissionen in der Nordhalbkugel.

7) Welche Schadstoffe entstehen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Zu den fossilen Brennstoffen zählen Kohle, Erdöl und Erdgas (Kohle verursacht die größte Umweltbelastung). Sie spielen in vielen Bereichen eine Rolle, insbesondere im Verkehr und in der Energieerzeugung, aber auch bei der Fernwärmeversorgung, in Industrie und Landwirtschaft, sowie in verschiedenen Bereichen des Dienstleistungssektors. Die Industriestaaten der nördlichen Halbkugel verbrauchen 3/4 aller fossilen Brennstoffe. Beim Verbrennen fossiler

PÄDAGOGISCHES TOOL 4: HILFE BEI DER ANALYSE DER DOKUMENTE : VERBESSERUNGSBOGEN

Brennstoffe entsteht vor allem Kohlendioxid (CO₂). Daneben bilden sich jedoch noch weitere Verbindungen: CO, **VOCs, Schwefel- (SO₂) und Stickstoffverbindungen (NO_x)** (letztere sind das Ergebnis der Oxidation von Schwefel und Stickstoff).

Die Mengen der freigesetzten Schadstoffe sind abhängig vom Typ des Brennstoffs, von der Qualität der Verbrennung (also vom Tätigkeitsbereich), sowie vom Stickstoff- und Schwefelgehalt.

8) Welche Schadstoffe entstehen durch die Verbrennung von Biomasse? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Die Verbrennung von Biomasse erfolgt vor allem in den Entwicklungsländern der Tropen. Sie wird dort als Energieträger verwendet und hängt mit der Abholzung zur Nutzung der Flächen für Ackerbau und Viehzucht, mit der Verwendung des Holzes zu Heizzwecken und mit der Verbrennung von Rückständen aus der Landwirtschaft zusammen. Bei der Verbrennung organischer Stoffe entstehen in erster Linie Wasserdampf (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂). Außerdem bilden sich Methan (CH₄), CO, NH₃, **Stickstoffverbindungen (NO_x et N₂O), Aerosol-Gase** (welche hauptsächlich Kohlenstoff enthalten), sowie geringere Mengen von **VOCs**.

Die Verbrennung von Biomasse hängt von zwei Parametern ab: von der Qualität des verbrannten Pflanzenmaterials und vom Emissionsfaktor, der wiederum durch die Art des verbrannten Materials und durch die Verbrennungsbedingungen (d.h. die physikalischen Parameter der Verbrennung) bedingt wird.

Mit der Ausnahme natürlich entstandener Feuer ist die Verbrennung von Biomasse fast immer anthropogen.

9) Welche Schadstoffe werden in den Emissionen der Industrie und des Tertiärsektors freigesetzt? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Neben Verbrennungsprozessen sind als anthropogene Schadstoffquellen vor allem die Industrie, das Wohnungswesen, der Tertiärsektor und die Abfallwirtschaft zu nennen.

Die Industrie erzeugt zahlreiche Gase, wie **CH₄, N₂O, COV, SO₂, NH₃** (ist aber nicht deren größte Emissionsquelle), oder auch **CO₂, CO und NO_x** (verglichen mit dem Verkehrswesen und Verbrennungsprozessen hat die Industrie nur einen geringen Anteil an diesen Schadstoffausstößen), sowie Chlorverbindungen wie FCKW und HFC, deren Produktion fast ausschließlich auf die Industrie zurückzuführen ist. Die Konzentration der letztgenannten in der Atmosphäre ist zwar deutlich geringer als diejenige der übrigen erwähnten Gase, doch sind sie besonders schädlich. Sie haben eine starke Wirkung auf die Atmosphäre, auf den Treibhauseffekt, auf unsere Gesundheit und auch auf die Infrastruktur.

Daneben erzeugt die Industrie noch eine Reihe weiterer Schadstoffe wie die **persistenten organischen Schadstoffe (POP)**. Hierzu zählen **Dioxine, Furane, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (HAP), polychlorierte Biphenyle (PCB) und Hexachlorobenzol (HCB)**. Zu den von der Industrie ausgestoßenen Luftschadstoffen gehören außerdem Schwermetalle wie **Pb, Hg, Cd**, doch bleibt deren Konzentration sehr niedrig.

10) Welche Schadstoffe entstehen bei der Verarbeitung von Abfällen? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

In der Abfallwirtschaft gibt es immer noch Deponien, die Biogas erzeugen. Bei der Fermentation der organischen Stoffe entstehen Methan (CH₄) und Kohlendioxid. Die Bildung dieser Gase hängt von der Art der Abfälle und den Bedingungen der Fermentation ab.

Das rückgewonnene Biogas wird häufig verbrannt; bei diesem Verbrennungsprozess wird das Methan in CO₂ umgewandelt. Auf diese Weise lässt sich seine Auswirkung auf die Klimaerwärmung begrenzen.

Trotzdem entstehen bei der Verbrennung unter anderem **VOCs, Freone**, toxische Substanzen (wie **Vinylchlorid oder Butadien**), **CO, Schwefel, Stickstoffoxide, Dioxine, Furane und HAP**.

Eine weitere Verarbeitungsmethode ist die Abfallverbrennung. Dabei werden Spuren von **metallischen Elementen** freigesetzt, außerdem zahlreiche organische Verbindungen (**Dioxine**) und Gase (wie Stickstoff- oder Schwefeloxide, **Wasserstoffchlorid, Wasserstofffluorid und CO₂**). Der Ausstoß dieser Schadstoffe hängt von der Zusammensetzung und Menge der zu verarbeitenden Abfälle ab.

11) Welche Schadstoffe werden von Landwirtschaft und Tierzucht verursacht? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?

Reisfelder, Wiederkäuer und andere Tiere produzieren sehr viel Methan (CH₄). Die Viehzucht ist die wichtigste Quelle von **atmosphärischem Ammoniak**. Außerdem verursacht der Sektor eine große Menge an Stickstoffverbindungen (**NO und Distickstoffoxid**, wegen der Verwendung von Düngemitteln), Nitraten, die sich in **N₂O** verwandeln, **CO₂, CO, VOCs und Pestiziden** (die zu den POP gehören)



PÄDAGOGISCHES TOOL 5 : HILFE BEI DER ANALYSE DER VIDEO-DOKUMENTE: VERBESSERUNGSBOGEN

VIDEO-1 : C'est pas sorcier

- 1) **Nenne die verschiedenen Schichten der Atmosphäre.**
Es gibt die Troposphäre, die vom Boden bis in 10.000-11.000 m Höhe reicht, und darüber die Stratosphäre.
- 2) **Welche sind die Hauptbestandteile der Luft, die wir atmen ?**
Sie besteht größtenteils aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid.
- 3) **Welche natürlichen Schadstoffbelastungen gibt es ?**
Diejenigen, die durch Tierzucht, Viehhaltung und die Vegetation verursacht werden.
- 4) **Welche Schadstoffe werden von der Natur selbst erzeugt? Wie entstehen sie ?**
Tiere (vor allem Kühe) erzeugen Methan. Es entsteht durch Gärungsprozesse im Darm.
Pro Kuh und Tag werden 500 Liter Methan produziert.
Auch Insekten (Termiten) erzeugen Methan.
In der Natur insgesamt - Wälder, Sümpfe (Gärung toter Pflanzen) und Reisfelder - bilden sich Kohlenwasserstoffe.
Waldbrände und Vulkane setzen ebenfalls Schadstoffe frei.
- 5) **Welche sind die wichtigsten anthropogenen Schadstoffbelastungen in den Städten? Klassiere sie in absteigender Rangfolge.**
 - Das Verkehrswesen (70%)
 - Die Industrie (30%)
- 6) **Welche Schadstoffe entstehen durch den Verkehr? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?**
Die vom Verkehr verursachten Luftschadstoffe sind hauptsächlich Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxid und Feinstaub. Daneben werden aber auch Kohlenwasserstoffe und SO₂ freigesetzt.
- 7) **Welche Schadstoffe werden von der Industrie verursacht? Wie entstehen sie und welche Parameter beeinflussen ihre Entstehung ?**
Die von der Industrie verursachten Luftschadstoffe sind hauptsächlich Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxid (SO₂) und Feinstaub.
- 8) **Verursachten anthropogene Schadstoffquellen in den 1950er Jahren eine Umweltbelastung gleicher Art und gleichen Ausmaßes wie heute ?**
In den 1950er Jahren war die Umweltbelastung durch die Industrie wesentlich höher, denn damals wurden Rauchgase noch nicht gefiltert. Selbst wenn Autos inzwischen etwas sauberer geworden sind, verschmutzt der Verkehr die Luft heute sehr viel stärker als in den 1950er Jahren, denn die Zahl der Fahrzeuge hat deutlich zugenommen.
- 9) **Wie entsteht Kohlenmonoxid (CO)? Ist es gefährlich? Wie kann man es bekämpfen ?**
Kohlenmonoxid ist ein tödliches, geruchloses und farbloses Gas. Es entsteht bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen, stammt also hauptsächlich vom Verkehr. Kohlenmonoxid verwandelt sich rasch in CO₂, es sei denn, die CO-Konzentration im Raum ist zu hoch. CO ist so gefährlich, weil es den Platz der Sauerstoffmoleküle in unserem Blut einnimmt. So werden die Zellen unseres Körpers nicht mehr richtig versorgt.
- 10) **Wie entsteht Stickstoffoxid (NO₂)? Ist es gefährlich? Wie kann man es bekämpfen ?**
Es entsteht bei der Kraftstoffverbrennung in Transportfahrzeugen. Es ist gefährlich, weil es die Luftröhre und die Atemwege reizt.
- 11) **Wie entstehen Kohlenwasserstoffe (HC)? Sind sie gefährlich? Wie kann man sie bekämpfen ?**
Kohlenwasserstoffe entstehen bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Kraftstoffe im Verkehr. Sie sind gefährlich, weil sie die Luftröhre und die Atemwege reizen.
- 12) **Welche Schadstoffe sind für die Verwitterung von Gebäuden verantwortlich ?**
Gebäude und Denkmäler verwittern wegen der Kohlenstoffpartikel (Feinstaub) und vor allem wegen des SO₂.

PÄDAGOGISCHES TOOL 5: HILFE BEI DER ANALYSE DER VIDEO-DOKUMENTE: VERBESSERUNGSBOGEN

13) Wie entsteht Schwefeloxid (SO)? Ist es gefährlich? Wie kann man es bekämpfen ?

Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff. Werden diese Partikel von unserem Organismus aufgenommen, so verstopfen sie die kleinen Lungenbläschen und führen zu Atembeschwerden und Entzündungen der Bronchien oder der Lunge. Weitere Folgen sind chronische Bronchitis, Asthma, Entzündungen der Nasenschleimhaut oder des Nasen-Rachen-Raumes.

14) Welche Maßnahmen kann man ergreifen, um die Schadstoffbelastung durch den Verkehr zu verringern ?

- Katalysatoren sorgen für eine etwas geringere Schadstoffbelastung.
- Fahrzeuge, die mit Rapsöl oder Zuckerrübenkraftstoff („grünen Kraftstoffen“) betrieben werden, sind in Wirklichkeit nicht sehr viel sauberer.
- Elektrofahrzeuge sind sauber, aber auch die Stromerzeugung belastet die Umwelt.
- Autos, die mit Erdgas (LPG) fahren, sind sauberer, aber auch nicht top.
- Am besten ist es, andere Transportmittel zu wählen und dafür die benötigte Infrastruktur zu schaffen.

15) Wie kontrolliert man die Luftqualität ?

Mit Hilfe von Beobachtungsstationen. Diese verfügen über jede Menge Sensoren zur Schadstoffmessung.

16) Wie wirken sich Schadstoffe auf Pflanzen aus ?

Das Wachstum der Blätter wird gehemmt und die Blätter altern schneller, werden früher gelb.

17) Wie wird Ozon (O₃) gebildet? Ist es gefährlich ?

Ozon bildet sich durch eine Reaktion zwischen Sauerstoff und Stickstoffdioxid unter Einwirkung der Sonne; es entsteht in der Troposphäre und in der Stratosphäre. Das Ozon in der Troposphäre verursacht Reizungen der Augen und der Atemwege.

18) Welche Schadstoffe sind für die Zerstörung der Ozonschicht verantwortlich ?

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (Spraydosen, Kühlschränke, Klimaanlage usw.)

19) Wie wirken sich diese Schadstoffe aus ?

- Sie verstärken den natürlichen Treibhauseffekt und lösen damit Naturkatastrophen aus (Überschwemmungen, Hochwasser...).
- Sie zerstören die Ozonschicht.
- Sie verursachen Gesundheitsprobleme beim Menschen, bei Tieren und Pflanze.

VIDÉO-2 : Futura planète

1) Welche waren die ersten Hauptursachen der Luftverschmutzung ?

Die Luftverschmutzung ist auf Verbrennungsprozesse und das Heizen unserer Wohnungen zurückzuführen; diese verursachen vor allem Feinstaub und SO₂.

2) Inwiefern hat sich die Entstehung dieser ersten Luftschadstoffe verändert ?

Es ist uns gelungen, die Produktion von Schwefeloxiden und Feinstaub einzudämmen; allerdings schaffen wir es heute nicht, sie über die bereits erreichte Schwelle hinaus noch weiter abzusenken.

3) Welche neuen Luftschadstoffe bekämpfen wir heute ?

Da sind Stoffe wie Benzol, Stickstoffoxid oder Quecksilber, die speziell bei Verbrennungsprozessen freigesetzt werden (Heizung, Auto, Fabrik...). Im Umfeld von Gießereien kommt Blei (Pb) hinzu.

4) Spielt das Klima eine Rolle bei der Entstehung von Schadstoffen ?

Ja, wenn es kalt ist, erhöht sich der Schadstoffausstoß, weil wir dann mehr heizen. Außerdem gibt es das Phänomen der so genannten Inversionswetterlage, bei der Schadstoffe durch die Abschirmung der unteren, kälteren Luftschicht von der oberen, wärmeren, nur wenige Dutzend/Hunderte Meter vom Boden festgehalten und eingeschlossen werden.

5) Ergreifen die Behörden der einzelnen Länder Maßnahmen zur Einschränkung der Luftverschmutzung ?

Ja, in Bezug auf die wichtigsten Luftschadstoffe (Staub, Schwefeloxid, Stickstoffoxid, Benzol, Quecksilber, Kohlenwasserstoffe, Arsen...) gibt es (europäische oder einzelstaatliche) Normen



PÄDAGOGISCHES TOOL 6 : ERARBEITUNG EINER CONCEPT MAP : VERBESSERUNGSBOGEN

A) Tabelle mit den Schadstoffen und ihren natürlichen oder anthropogenen Ursachen.

- Vervollständige diese Tabelle, um dir die Erstellung deiner Concept Map zu erleichtern.

Eine Concept Map ist eine grafische Darstellung verschiedener Konzepte, die miteinander in einem Zusammenhang stehen. Sie ermöglicht auch, Informationen zu strukturieren und einzuordnen.

(https://www.vteducation.org/sites/default/files/images/Yves%20Munn/carteconceptuelle_baiecomeau.pdf)

Schadstoffe	Natürlicher Ursprung	Anthropogener Ursprung	Auswirkungen (Klima, Gesundheit, saurer Regen, Umweltverschmutzung)
CH ₄	Boden	<input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Klima
Aerosole	Boden Ozeane Vulkane	<input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Verbrennung fossiler Kraftstoffe (Verkehr)	<input type="checkbox"/> Umweltverschmutzung <input type="checkbox"/> Klima <input type="checkbox"/> Gesundheit
Pb, Hg, Cd		<input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor	<input type="checkbox"/> Umweltverschmutzung <input type="checkbox"/> Gesundheit
VOCs	Pflanzen	<input type="checkbox"/> Verbrennung fossiler Kraftstoffe <input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Saurer Regen <input type="checkbox"/> Gesundheit
NO _x (NO und NO ₂)	Boden Blitze	<input type="checkbox"/> Verbrennung fossiler Kraftstoffe <input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Umweltverschmutzung <input type="checkbox"/> Saurer Regen <input type="checkbox"/> Gesundheit
HFC - FCKW - PFC		<input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor	<input type="checkbox"/> Klima
FCKW Halone		<input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor	<input type="checkbox"/> Klima
POP (Dioxine, Furane, HAP, PCB und HCB)		<input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Umweltverschmutzung <input type="checkbox"/> Gesundheit
N ₂ O	Boden	<input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Klima
NH ₃	Boden	<input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Umweltverschmutzung
SO ₂	Ozeane Vulkane	<input type="checkbox"/> Verbrennung fossiler Kraftstoffe <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft	<input type="checkbox"/> Umweltverschmutzung <input type="checkbox"/> Klima <input type="checkbox"/> Saurer Regen <input type="checkbox"/> Gesundheit
CO	Pflanzen (durch Reaktion mit den VOCs)	<input type="checkbox"/> Verbrennung fossiler Kraftstoffe <input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Gesundheit
CO ₂	Vulkane	<input type="checkbox"/> Verbrennung fossiler Kraftstoffe <input type="checkbox"/> Verbrennung von Biomasse <input type="checkbox"/> Industrie und Tertiärsektor <input type="checkbox"/> Abfallwirtschaft <input type="checkbox"/> Landwirtschaft und Viehzucht	<input type="checkbox"/> Klima <input type="checkbox"/> Saurer Regen

B) Verursacht die Natur mehr Luftschadstoffe als der Mensch oder ist das Gegenteil der Fall ?

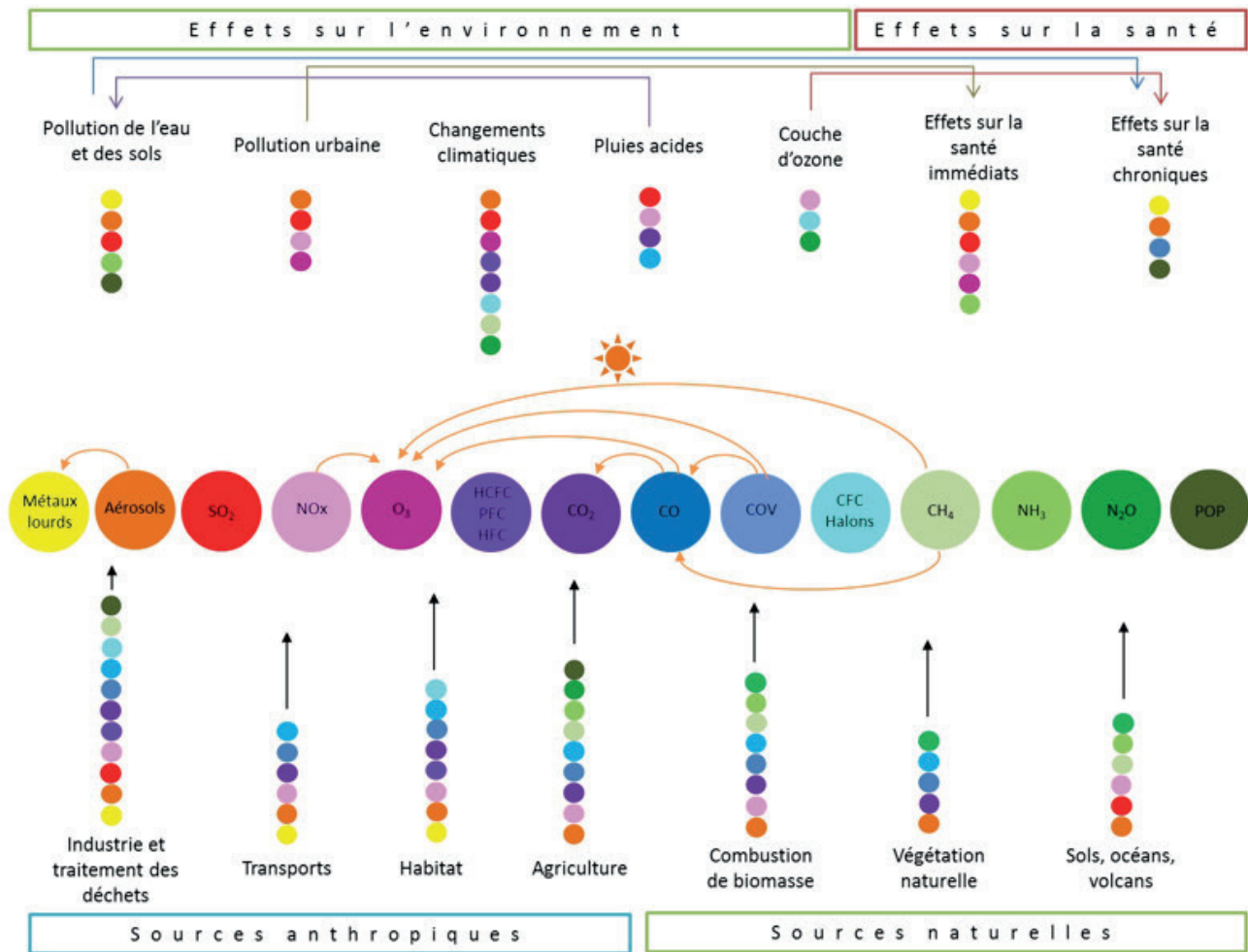
Die Natur setzt Luftschadstoffe frei, aber der Mensch fügt diesen noch eine riesige Menge hinzu – zum Nachteil aller Lebewesen. Der Mensch verschmutzt seine Umwelt wesentlich mehr als die Natur selbst; vor allem aber verursacht er Schadstoffe, die von der Natur nicht gebildet werden und die noch gefährlicher sind.



PÄDAGOGISCHES TOOL 7 : BEISPIEL EINER CONCEPT MAP

Eine Concept Map ist eine grafische Darstellung verschiedener Konzepte, die miteinander in einem Zusammenhang stehen. Sie ermöglicht auch, Informationen zu strukturieren und einzuordnen.

(https://www.vteducation.org/sites/default/files/images/Yves%20Munn/carteconceptuelle__baiecomeau.pdf)



(https://csem.morbihan.fr/dossiers/atlas__env/pressions/qualite__air.php)

Effets sur l'environnement: Umweltfolgen
 Effets sur la santé: Gesundheitsfolgen
 Pollution de l'eau et des sols: Belastung des Wassers und des Bodens
 Pollution urbaine: Verschmutzung der Städte
 Changements climatiques: Klimawandel
 Pluies acides: Saurer Regen
 Couche d'ozone: Ozonschicht
 Effets sur la santé immédiats: Unmittelbare Folgen für die Gesundheit
 Effets sur la santé chroniques: Chronische Gesundheitsfolgen
 Métaux lourds: Schwermetalle
 Aérosols: Aerosole
 HCFC: FCKW
 COV: VOCs
 CFC: FCKW
 Halons: Halone
 Industrie et traitement des déchets: Industrie und Abfallbehandlung
 Transports: Verkehr
 Habitat: Wohnwesen
 Agriculture: Landwirtschaft
 Combustion de biomasse: Verbrennung von Biomasse
 Végétation naturelle: Natürliche Vegetation
 Sols, océans, volcans: Boden, Ozeane, Vulkane



PÄDAGOGISCHES TOOL 8 : SYNTHESE DES PHÄNOMENS DER ÜBERTRAGUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AN DIE OBERFLÄCHENGEWÄSSER UND DAS GRUNDWASSER

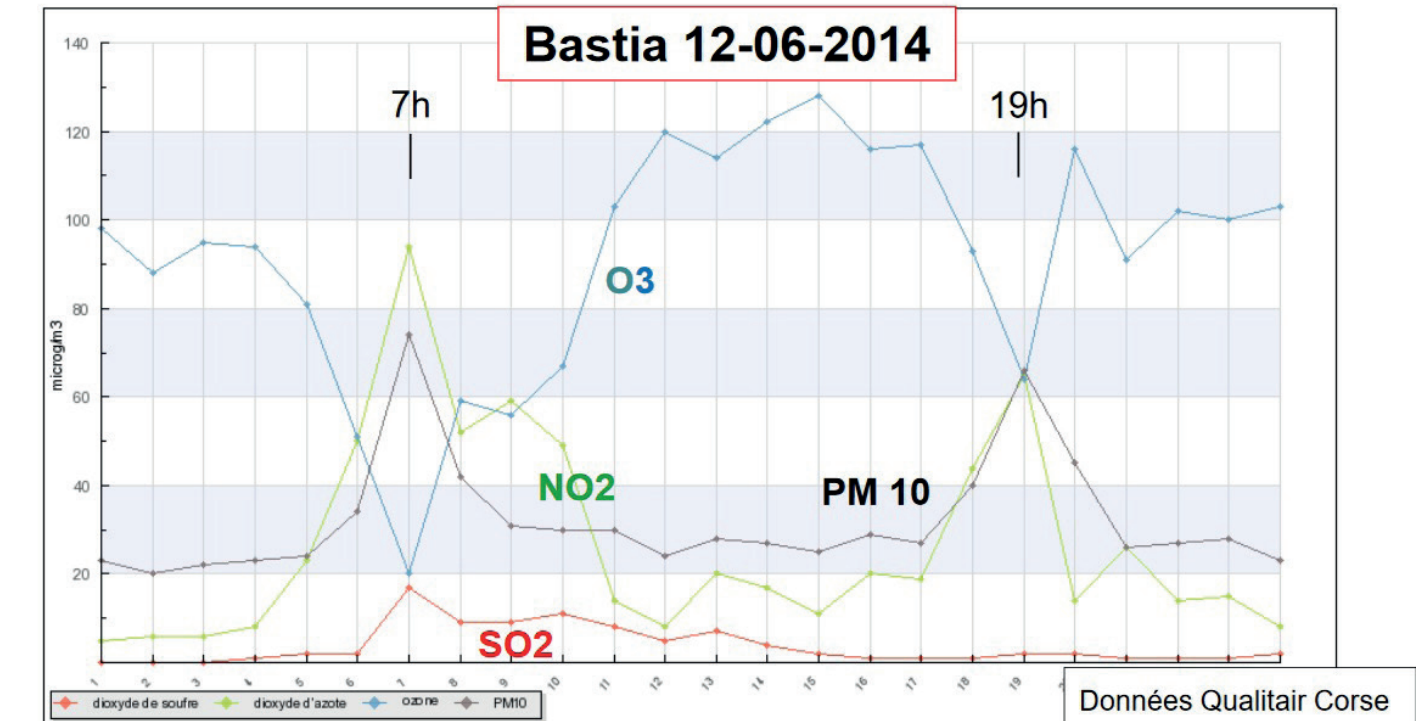
Regenwassertropfen reichern sich mit Schadstoffpartikeln an (Gase, Stäube und andere Moleküle). Wenn es regnet, fällt der Tropfen auf den Boden und dient diesen Schadstoffen gewissermaßen als Transportmittel. Auf dem Boden angekommen, kann der Tropfen mehrere Wege nehmen :

- Entweder fließt er in ein Oberflächengewässer und absorbiert auf dem Weg dorthin noch weitere Schadstoffe.
- Oder er versickert im Boden und bahnt sich einen Weg zum Grundwasser. Er kann dabei neue, anthropogene oder natürliche Moleküle aufnehmen oder nicht. Während seiner gesamten Verweildauer im Boden speichert er alle Schadstoffe.
- Oder er sickert noch weiter durch und gelangt über lange und verschlungene Wege zu den Grundwasservorkommen in großer Tiefe. Hierbei wirft er den Ballast der Schadstoffpartikel ab, absorbiert jedoch die Moleküle des Gesteins, das er durchquert. Das Wasser wird gereinigt und erwirbt die Vorzüge und Besonderheiten von Thermal- und Mineralwasser.



PÄDAGOGISCHES TOOL 9 : GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN

A) Hier ist grafisch dargestellt, wie sich die Konzentrationen der wichtigsten Luftschadstoffe am 12. Juni 2014 in der Stadt Bastia im Laufe eines Tages entwickelten.



<http://www.environnement.ens.fr/IMG/file/Atelier%20Pollution%20atmosph%C3%A9rique%202014/Pollution%20%20atmosph%C3%A9rique%20S%C3%A9ance%20polluants%20%20MDo%20CERES%20141014%20vf2.pdf>

• Beantworte auf der Grundlage dieses Funktionsgraphen die nachfolgenden Fragen zur Entwicklung der Konzentration von Ozon (O₃) im Laufe des Tages.

1) Finde die Bildmenge des Funktionsgraphen zur Entwicklung der Ozonkonzentration im Laufe des Tages ?

.....

.....

2) In welchen Intervallen nimmt die Ozonkonzentration zu? In welchen nimmt sie ab ?

.....

.....

3) Nenne den Wert und die Uhrzeit des globalen Maximalwerts der Ozonkonzentration.

.....

.....

4) Nenne den Wert und die Uhrzeit des globalen Minimalwerts der Ozonkonzentration.

.....

.....

PÄDAGOGISCHES TOOL 9: GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN

- Dies ist die Tabelle der Ozonkonzentrationswerte im Laufe des Tages :

Uhrzeit	Ozonkonzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	98
2	88
3	96
4	94
5	80
6	50
7	20
8	58
9	56
10	68
11	104
12	120
13	114
14	122
15	130
16	116
17	118
18	92
19	64
20	114
21	90
22	102
23	100
24	104

- 1) Berechne den Mittelwert und die Standardabweichung der Ozonkonzentration im Laufe des Tages.
 - 2) Stelle den Boxplot dar und bestimme den Interquartilabstand. Kommentiere den resultierenden Graphen.
- **Berechne die Gesamtkonzentrationen der Schadstoffe um 7, 13 und 19 Uhr.**
Stelle mit Hilfe der passenden Graphen die Schadstoffverhältnisse in der Luft zu diesen drei Zeitpunkten des Tages dar.

PÄDAGOGISCHES TOOL 9 : GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN

B) Die nachstehende Tabelle zeigt die Entwicklung der Luftschadstoff-Konzentrationen in Bastia im Laufe eines Tages :

Uhrzeit	Ozonkonzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Feinstaubkonzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	98	22
2	88	20
3	96	22
4	94	24
5	80	25
6	50	33
7	20	73
8	58	42
9	56	30
10	68	28
11	104	30
12	120	24
13	114	30
14	122	28
15	130	26
16	116	30
17	118	28
18	92	40
19	64	66
20	114	44
21	90	26
22	102	28
23	100	30
24	104	24

<http://www.environnement.ens.fr/IMG/file/Atelier%20Pollution%20atmosph%C3%A9rique%202014/Pollution%20%20atmosph%C3%A9rique%20S%C3%A9ance%20polluants%20%20MDo%20CERES%20141014%20vf2.pdf>

- Stelle (auf einem einzigen Graphen) die Entwicklung der Ozon- und Feinstaubkonzentrationen (PM10) mit gestrichelten Linien dar.
- Die grafische Darstellung erweckt den Eindruck, dass die Feinstaubkonzentration steigt, wenn die Ozonkonzentration sinkt und umgekehrt. Überprüfe diese Hypothese anhand einer linearen Regression.
 - 1) Mit Hilfe der Mayerschen Methode. Kommentiere das Ergebnis.
 - 2) Anhand der Methode der kleinsten Quadrate; suche (mit Hilfe eines Software-Programmes) nach dem Bestimmungskoeffizienten. Kommentiere die gefundenen Ergebnisse.



PÄDAGOGISCHES TOOL 10 : GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN : VERBESSERUNGSBOGEN

A) Hier ist grafisch dargestellt, wie sich die Konzentrationen der wichtigsten Luftschadstoffe am 12. Juni 2014 in der Stadt Bastia im Laufe eines Tages entwickelten.

• Beantworte auf der Grundlage dieses Funktionsgraphen die nachfolgenden Fragen zur Entwicklung der Konzentration von Ozon (O_3) im Laufe des Tages.

1) Finde die Bildmenge des Funktionsgraphen zur Entwicklung der Ozonkonzentration im Laufe des Tages ?

$$\text{Imf}=[20,130]$$

2) In welchen Intervallen nimmt die Ozonkonzentration zu ?

$$[2,3], [7,8],[9,12],[13,15],[16,17],[19,20],[21,22],[23,24]$$

In welchen nimmt sie ab ?

$$[1,2],[3,7],[8,9],[12,13],[15,16],[17,19],[20,21],[22,23]$$

3) Nenne den Wert und die Uhrzeit des globalen Maximalwerts der Ozonkonzentration.

$$\text{Koordinaten des globalen Maximalwerts : } (15,130)$$

4) Nenne den Wert und die Uhrzeit des globalen Minimalwerts der Ozonkonzentration.

$$\text{Koordinaten des globalen Minimalwerts : } (7,20)$$

• Beantworte auf der Grundlage dieses Funktionsgraphen die nachfolgenden Fragen zur Entwicklung der Konzentration von Feinstaub (PM10) im Laufe des Tages.

1) Finde die Bildmenge des Funktionsgraphen zur Entwicklung der Feinstaubkonzentration im Laufe des Tages ?

$$\text{Imf}=[20,73]$$

2) In welchen Intervallen nimmt die Feinstaubkonzentration zu ?

$$[2,7], [12,13],[15,16],[17,19],[21,23]$$

3) In welchen nimmt sie ab ?

$$[1,2],[7,12],[13,15],[16,17],[19,21],[23,24]$$

4) Nenne den Wert und die Uhrzeit des globalen Maximalwerts der Feinstaubkonzentration.

$$\text{Koordinaten des globalen Maximalwerts : } (7,73)$$

5) Nenne den Wert und die Uhrzeit des globalen Minimalwerts der Feinstaubkonzentration.

$$\text{Koordinaten des globalen Minimalwerts : } (2,20)$$

• • Zwischen 6 und 7 Uhr entspricht die Gleichung der Geraden für die Ozonkonzentration der Funktion $f(x)=-30x+230$ und die Gleichung der Geraden für die Feinstaubkonzentration der Funktion $g(x)=40x-207$. Löse die Gleichung $f(x)=g(x)$ und gib die Uhrzeit und Konzentration am Schnittpunkt an. Überprüfe deine Lösung auf dem Graphen.

Suche nach dem Abszissenwert:

$$\begin{aligned} -30x+230 &= 40x - 207 \\ 70x &= 437 \\ x &= 6,24 \end{aligned}$$

Umrechnung in Stunden: 6 Stunden und $24/100$.

Eine Stunde zählt 3.600 Sekunden, der Bruch $24/100$ von einer Stunde entspricht also 864 Sekunden, d.h. 14 Minuten und 24 Sekunden.

Die Uhrzeit am Schnittpunkt ist also 6 Uhr, 14 Minuten und 24 Sekunden.

Suche nach der Konzentration:

Auf der Grundlage der Gleichung von $f(x)$ finden wir

$$y = -30 \cdot 6,24 + 230 = 42,8 \text{ } \mu\text{g/m}$$

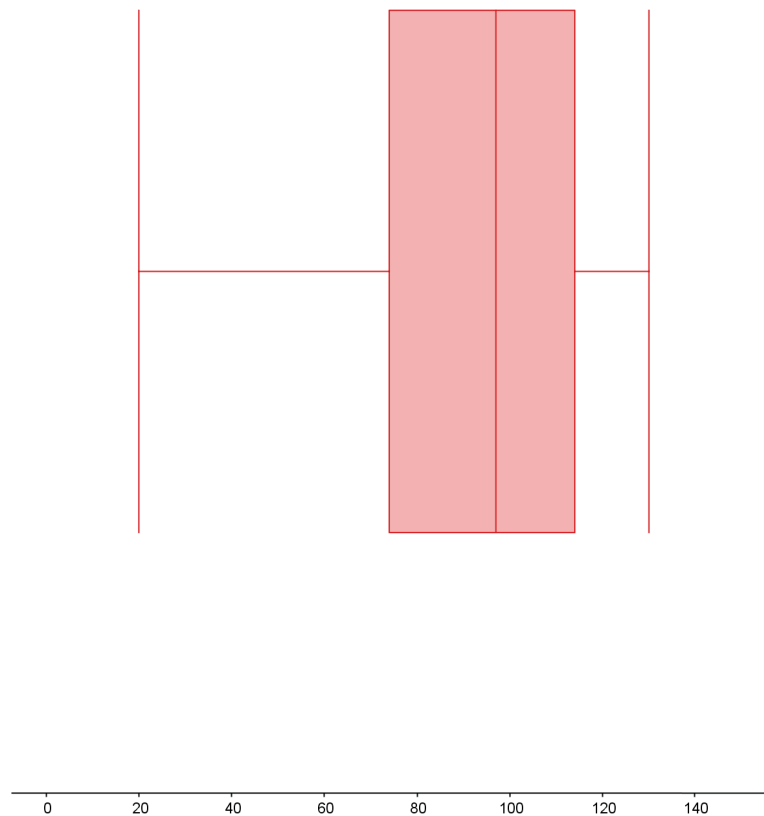
PÄDAGOGISCHES TOOL 10: GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN : VERBESSERUNGSBOGEN

· Ausgehend von der Tabelle der Ozonkonzentrationswerte im Laufe des Tages :

- 1) Berechne den Mittelwert und die Standardabweichung der Ozonkonzentration im Laufe des Tages.
- 2) Stelle den Boxplot dar und bestimme den Interquartilabstand.

Kommentiere den resultierenden Graphen.

Mit der kostenlosen Software Geogebra erzielte Ergebnisse. (Im Tab „Anzeige“, auf „Tabellenkalkulation anzeigen“ klicken. Nach Eingabe der Daten die jeweilige Spalte selektieren und auf „Statistiken mit einer Variablen“ klicken. Dann die Option „Statistiken anzeigen“ aktivieren.)



Durchschnitt : 91,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Standardabweichung : 26,44
Interquartilabstand : $Q3 - Q1 = 114 - 74 = 40$

Auslegung :

Der Wert der Standardabweichung deutet auf eine breite Verteilung der Ergebnisse um den Durchschnittswert herum hin.

Im Boxplot wird vor allem eine breite Streuung der unterdurchschnittlichen Werte deutlich, während die überdurchschnittlichen Werte keine so starke Verteilung aufweisen.

Die stärksten Unterschiede sind bei den schwachen Ozonkonzentrationen festzustellen.

PÄDAGOGISCHES TOOL 10: GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN: VERBESSERUNGSBOGEN

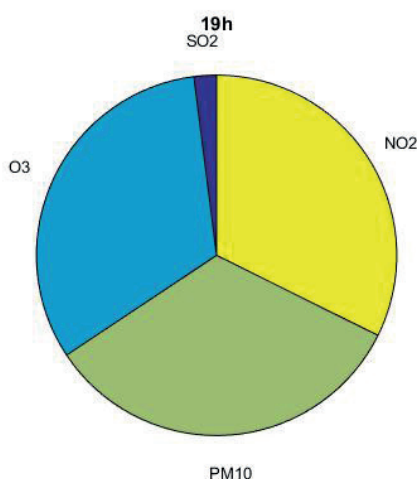
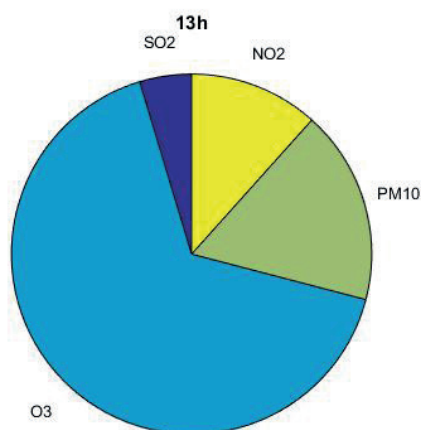
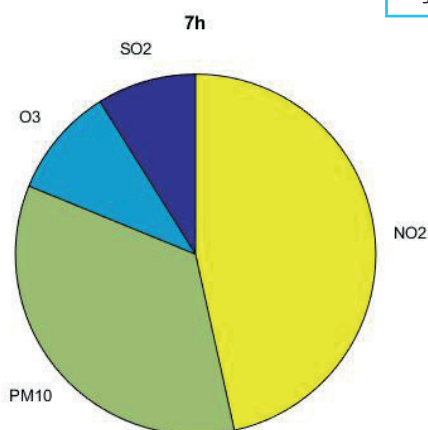
- Berechne die Gesamtkonzentrationen der Schadstoffe um 7, 13 und 19 Uhr.

Stelle mit Hilfe der passenden Graphen die Schadstoffverhältnisse in der Luft zu diesen drei Zeitpunkten des Tages dar.

7 Uhr	
SO ₂	18 µg/m ³
O ₃	20 µg/m ³
PM10	73 µg/m ³
NO ₂	94 µg/m ³
Insgesamt	202 µg/m ³

13 Uhr	
SO ₂	8 µg/m ³
O ₃	114 µg/m ³
PM10	30 µg/m ³
NO ₂	20 µg/m ³
Insgesamt	172 µg/m ³

19 Uhr	
SO ₂	4 µg/m ³
O ₃	64 µg/m ³
PM10	66 µg/m ³
NO ₂	64 µg/m ³
Insgesamt	198 µg/m ³



Die Situation kann auch anhand eines Säulendiagramms dargestellt werden. Auf einem Kuchendiagramm lassen sich außerdem die Prozentsätze oder die entsprechenden Werte eintragen.

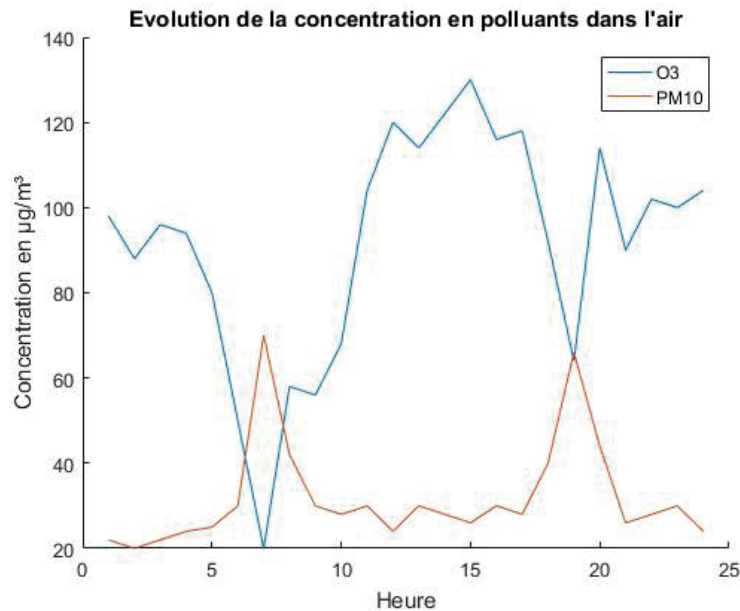
Diese drei Kuchendiagramme zeigen im Laufe des Tages starke Schwankungen der Schadstoffkonzentrationen in der Luft (mögliche Ursachen: die Verkehrslage, die Windverhältnisse, die Temperatur oder die Sonneneinstrahlung).

Es ist deutlich festzustellen, dass Ozon unter den verschiedenen Luftschadstoffen gerade in den wärmsten Stunden des Tages eine wichtige Rolle spielt.

PÄDAGOGISCHES TOOL 10: GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN: VERBESSERUNGSBOGEN

B) Die nachstehende Tabelle zeigt die Entwicklung der Luftschadstoff-Konzentrationen in Bastia im Laufe eines Tages :

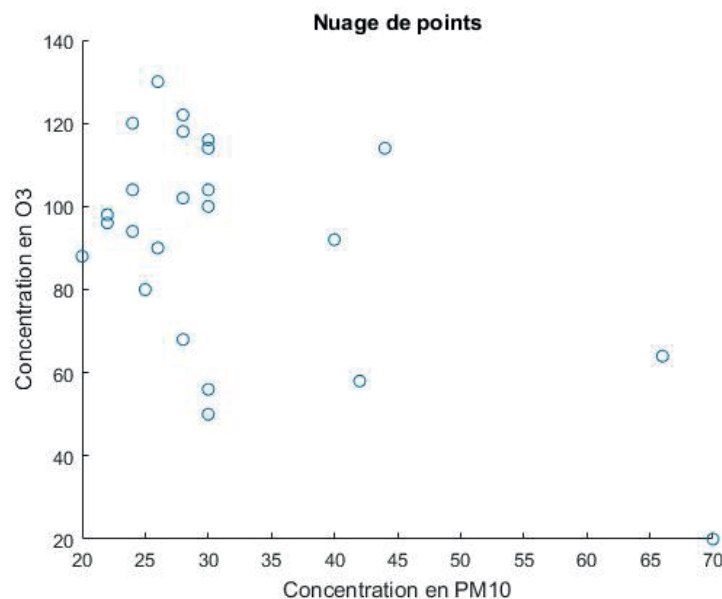
Stelle (auf einem einzigen Graphen) die Entwicklung der Ozon- und Feinstaubkonzentrationen (PM10) mit gestrichelten Linien dar.



- Die grafische Darstellung erweckt den Eindruck, dass die Feinstaubkonzentration steigt, wenn die Ozonkonzentration sinkt und umgekehrt. Überprüfe diese Hypothese anhand einer linearen Regression.

1) Mit Hilfe der Mayerschen Methode. Kommentiere das Ergebnis.

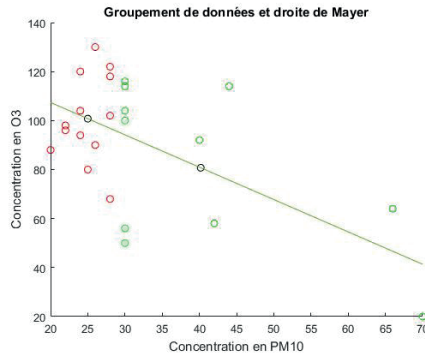
Darstellung der Punktwolke :



Anschließend werden die Daten in zwei Untergruppen von ungefähr gleicher Größe aufgeteilt. (Normalerweise werden die Gruppen auf der Grundlage sichtbarer Zusammenschlüsse in der Wolke gebildet; da dies hier nicht möglich ist, werden z.B. einfach auf der Grundlage der Abszissenwerte zwei Untergruppen gebildet).

PÄDAGOGISCHES TOOL 10: GRAFISCHE UND STATISTISCHE ANALYSEN: VERBESSERUNGSBOGEN

Jetzt müssen nur noch die Durchschnittspositionen der Punkte dieser beiden Untergruppen berechnet werden.



Hier entsprechen die schwarzen Punkte den Durchschnittspunkten. Von links nach rechts ergeben sich jeweils folgende Koordinaten

$$P1 = (25 \ 100,77)$$

$$P2 = (40,18 \ 80,73)$$

Die Gerade, die über diese beiden Punkte verläuft, wird durch folgende Gleichung dargestellt :

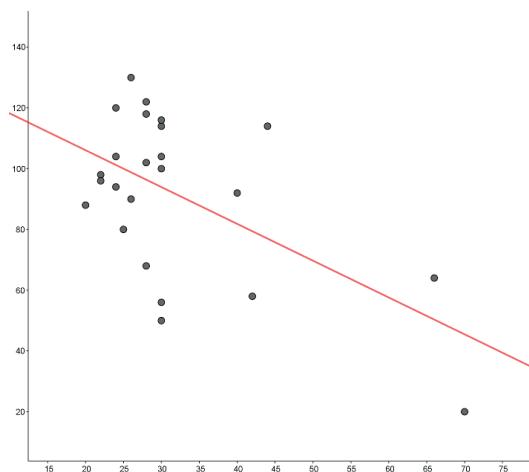
$$y = -1,32x + 133,77$$

Obschon keine lineare Anpassung möglich scheint, stellen wir einen abnehmenden Trend fest, d.h. eine Veränderung der beiden Konzentrationswerte in entgegengesetzter Richtung.

2) Anhand der Methode der kleinsten Quadrate, suche (mit Hilfe eines Software-Programmes) nach dem Bestimmungskoeffizienten. Kommentiere die gefundenen Ergebnisse.

Die verwendete Software ist wiederum Geogebra (Tabellenkalkulationsprogramm, beide Spalten mit Daten ausfüllen und selektieren). Auf Statistiken mit zwei Variablen klicken, Regressionsmodus „linear“ wählen und „Statistiken anzeigen“ wählen.

Das Ergebnis ist folgender Graph :



Die Regressionsgerade entspricht der folgenden Gleichung :

$$y = -1,21x + 130,33$$

Diese Gleichung ähnelt derjenigen, die wir anhand der Mayerschen Methode gefunden haben.

Der Bestimmungskoeffizient R^2 entspricht einem Wert von 0.32.

Die lineare Beziehung zwischen den beiden Konzentrationen ist nicht sehr stark; trotzdem ist die Schwankung der O₃-Konzentration diesen Ergebnissen zufolge zu 32% durch Schwankungen der Feinstaubkonzentration (PM10) zu erklären. Allerdings ist bei einer solchen Schlussfolgerung Vorsicht geboten, denn beide Veränderungen können auch durch einen dritten Faktor (Licht, Temperatur) ausgelöst werden, der die Veränderung der Konzentrationen beider Luftschadstoffe in entgegengesetzter Richtung beeinflusst, in dieser Analyse aber nicht berücksichtigt wird.

