LUFTLABOR



Dossier für Lehrpersonen - Wintersmog

Was hat meine Heizung damit zu tun?

1. Worum geht es? 2
2. Ziele 2
3. Relevante Begriffe 2
4. Lerngelegenheiten 2
5. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen Lehrplan 21 3
6. Lösungen und Hinweise Lernjournal 4
7. Lösungen Experimente 10
   7.1 Experiment: Inversion – Experimentelle Nachbildung der Inversionslage 10
   7.2 Experiment: Staub – Staubteilchen sichtbar und hörbar machen 12
   7.3 Experiment: Staubbproben – Staub unter dem Mikroskop 13
   7.4 Experiment: Staub sammeln – Wo hat es überall Staub? 16
8. Teste dich selbst: Lösungen 17

1. Worum geht es?

- Bildung und Effekt einer Inversionslage
- Feinstaubquellen
- Verschiedene Arten von Feinstaub: Quelle, Grösse der Partikel
- Eindringtiefe der Feinstaubpartikel in den Körper
- Massnahmen gegen Feinstaub (Luftreinhalteverordnung LRV, Partikelfilter)
- Geografische Verteilung der Feinstaubbelastung
- Möglichkeiten, den eigenen Feinstaubausstoss zu reduzieren

2. Ziele

Die Schülerinnen und Schüler…

- können die Unterschiede zwischen Smog und Feinstaub erklären.
- erkennen, dass es verschieden kleine Feinstaubpartikel gibt und können aufzeigen, bis wo verscheiden grosse Partikel in den Körper gelangen können.
- können den Zusammenhang zwischen Feinstaubbelastung und Wintersmog erklären.
- können wesentliche Faktoren nennen, welche Inversionslagen und Wintersmog begünstigen.
- können schildern, wie sie die Feinstaubbelastung beeinflussen können.

3. Relevante Begriffe

Inversion, Smog, primärer und sekundärer Feinstaub, Abrieb, unvollständige Verbrennung, PM10, PM0.1, lungengängiger Feinstaub, Russ, Partikelfilter, richtig anfeuern, richtig lüften, Wahl des Verkehrsmittels

4. Lerngelegenheiten

Webinhalte: ca. 30 Minuten

Lernjournal: ca. 160 Minuten

- Wolkendecke (10‘)
- Atemwege und Feinstaub PM10 (60‘)
- Feinstaubbelastung bei dir (15‘)
- Untersuchung der PM10-Messwerte (30‘)
- Feinstaubverteilung (15‘)
- Weiterdenken: Zusammenhang Winter - Feinstaub (30’)

Experimente: ca. 100 Minuten

- Experiment: Inversion – Experimentelle Nachbildung der Inversionslage (20’)
- Experiment: Staub – Staubteilchen sichtbar und hörbar machen (15’)
- Experiment: Staubbproben – Staub unter dem Mikroskop (45’)
- Experiment: Staub sammeln – Wo hat es überall Staub? (20’)

5. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen Lehrplan 21

	Inversion	Staub	Staub- proben	Staub sammeln
Lehrplanbezug	NMG 2.2	NMG 2.2	NMG 2.2	NMG 2.2
Erfahren		X	X	
Betrachten				
Beobachten	X		X	X
Erkennen			X	
Beschreiben		X	X	X
Fragen		X		
Vermuten	X	X		X
Erkunden			X	X
Explorieren		X		X
Laborieren			X	
Untersuchen				X
Experimentieren				
Sich informieren				
Dokumentieren			X	X
Ordnen			X	
Vergleichen				X
Benennen				
Strukturieren		X		
Modellieren				
Erzählen				
Erklären	X	X		
Analysieren				
Einschätzen	X		X	X
Beurteilen				
Reflektieren				
Mitteilen				
Austauschen	X			X
Entwickeln				
Umsetzen				
Sich engagieren				

6. Lösungen und Hinweise Lernjournal

Wolkendecke (10 min)

Zeichne in der folgenden Darstellung den Temperaturverlauf mit der Höhe und die Wolkendecke ein unter welcher sich die Schadstoffe ansammeln.

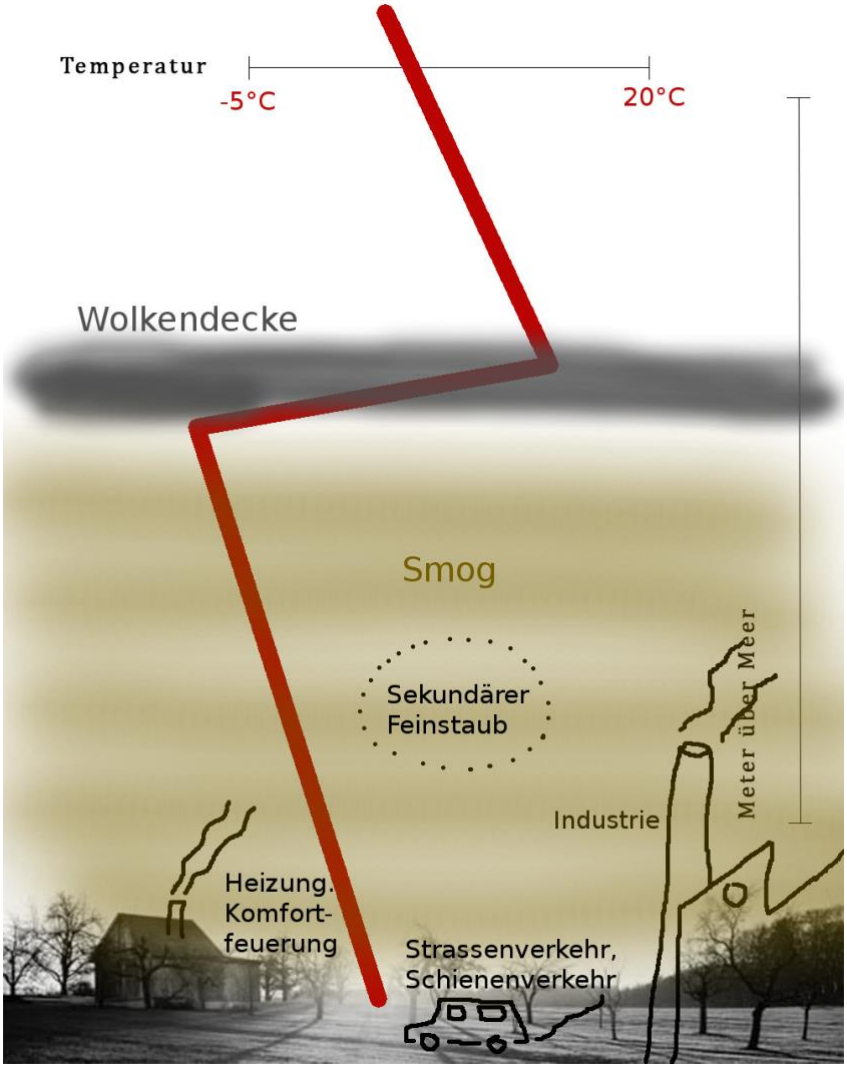


Abbildung 1 – Lösung Bauernhof. Quelle: Lernetz AG (2015).

Zeichne in der gleichen Darstellung drei Feinstaubquellen ein.

Atemwege und Feinstaub PM10 (60 min)

Problemstellung: Veranschauliche PM10 in einem Grössenmodell.

Ein Minenbleistift hat eine Minenstärke vom 0.5 mm. Damit wird ein Strich gezogen. Nimm an die Strichdicke entspräche im Original 1 µm.

Original	*Vergrösserung*	*Modell*
0.001 mm	*500fach*	*0.5 mm*

Überlege dir, wie dick 1 Millimeter im Original in deinem Modell wäre?

Original	*Vergrösserung*	*Modell*
1 mm	*500fach*	*500 mm*

Zeichne in diesem Grössenmodell

- die Dicke eines Haares
- ein PM10 Staubkorn
- ein lungengängiges Staubteilchen

	Im Original	*Vergrösserung*	*Im Modell*
Dicke eines Haares	*0.04 bis 0.12 mm*	*500fach*	*20-60 mm*
PM10 Staubkorn	*Bis 0.01 mm*	*500fach*	*Bis 5 mm*
Lungengängiges Staubteilchen	*Bis 0.0025 mm*	*500fach*	*Bis 1.25 mm*

Skizziere in der Abbildung, an welcher Stelle der Atemwege der Körper welche Abwehrmechanismen gegen Staub und Feinstaub hat.

Tipp: Wenn du Hilfe brauchst, kannst du im Video der EMPA ab der 3. Minute nachschauen: www.youtube.com/watch?v=qLFR90oXC70

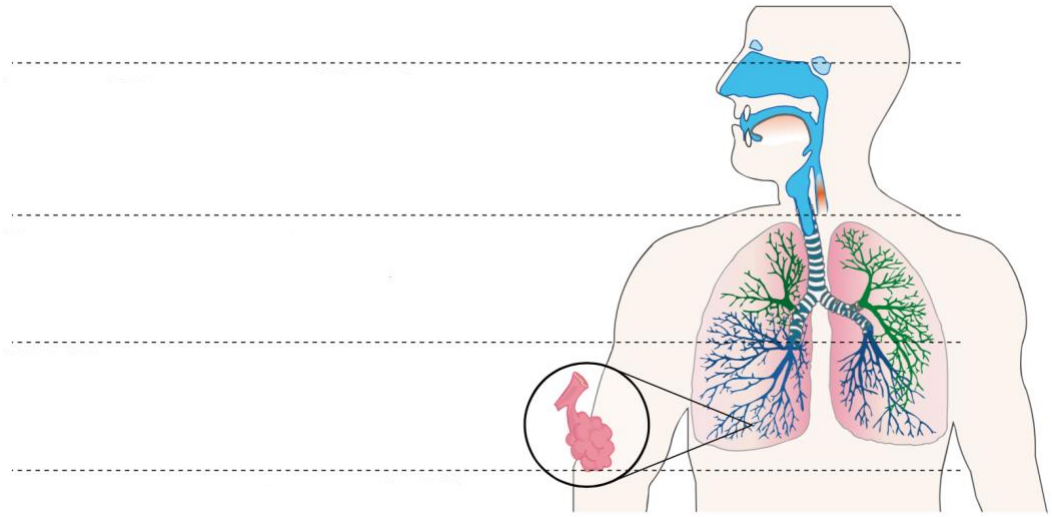


Abbildung 2 Atemwege. Quelle: BAFU (2014).

Haare und Schleimhaut in der Nase: Rückhalt von Staubteilchen > 20 µm.
Obere Luftröhre: Rückhalt von Staubteilchen > 10 µm.
Untere Atemwege (Flimmerhärchen und Schleimhaut): Rückhalt von Staubteilchen 5-10 µm.

Lungenbläschen: Fresszellen, sogenannte Makrophagen, nehmen die Feinstaubteilchen in sich auf und bauen diese ab.

Feinstaubbelastung bei dir (15 min)

Informiere dich im Internet. Du findest die aktuelle Feinstaubbelastung auf der Webseite des BAFU unter der Themenauswahl *Luft* oder auf der Internetseite der kantonalen Luftreinhaltefachstellen www.feinstaub.ch.

Suche die Karte mit der jährlichen Feinstaubbelastung in der Schweiz. Lebst du an einem Ort mit eher viel oder wenig Feinstaubbelastung?

Informiere dich über die gültigen Grenzwerte für PM10 und vergleiche diese mit der aktuellen Situation an deinem Wohnort. Wird der Tagesgrenzwert überschritten? Wurde der Grenzwert im letzten Jahr häufig überschritten? Weshalb?

Grenzwert (LRV) Feinstaub PM10
Jahresmittel: 20 µg/m³
Tagesmittel: 50 µg/m³

Untersuchung der PM10-Messwerte (30 min)

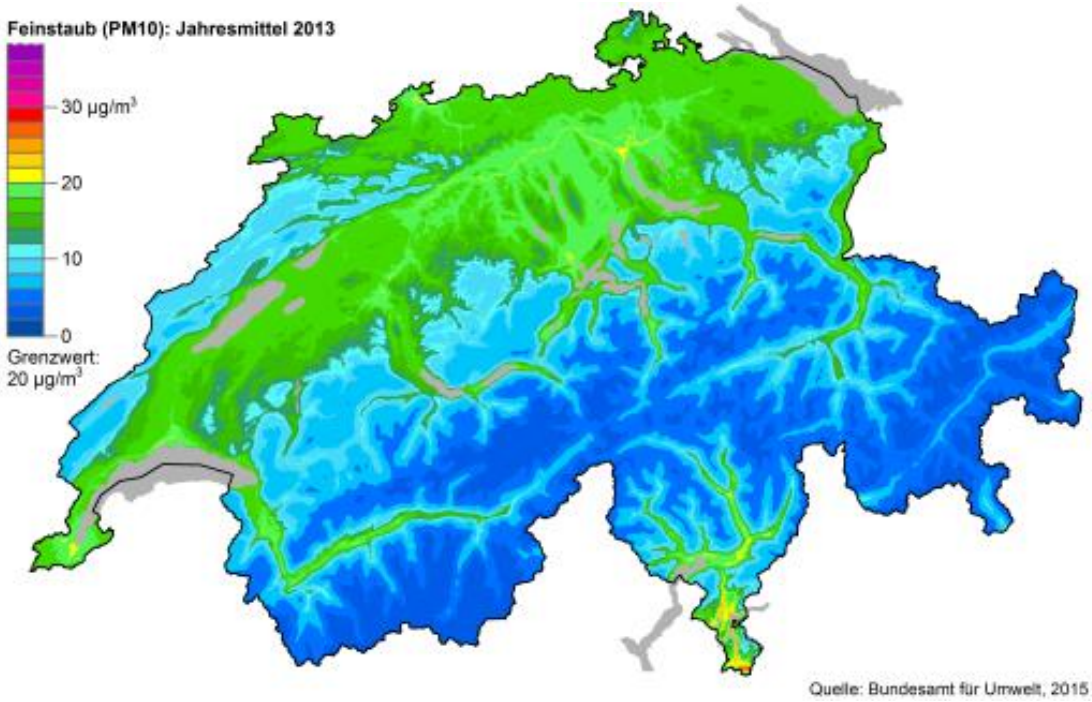


Abbildung 3 – Jahresmittel der Feinstaubbelastung (PM10) vom Jahr 2013. Quelle: BAFU (2015).

Vergleiche die Karte mit einer Schweizer Strassenkarte. Welche Beobachtungen machst du?

Entlang der grossen Verkehrsachsen und bei grossen Städten ist die Feinstaubbelastung am grössten. Am kleinsten ist die Belastung in den Bergen weitab von Strassen, Städten, Heizungen und der Industrie.

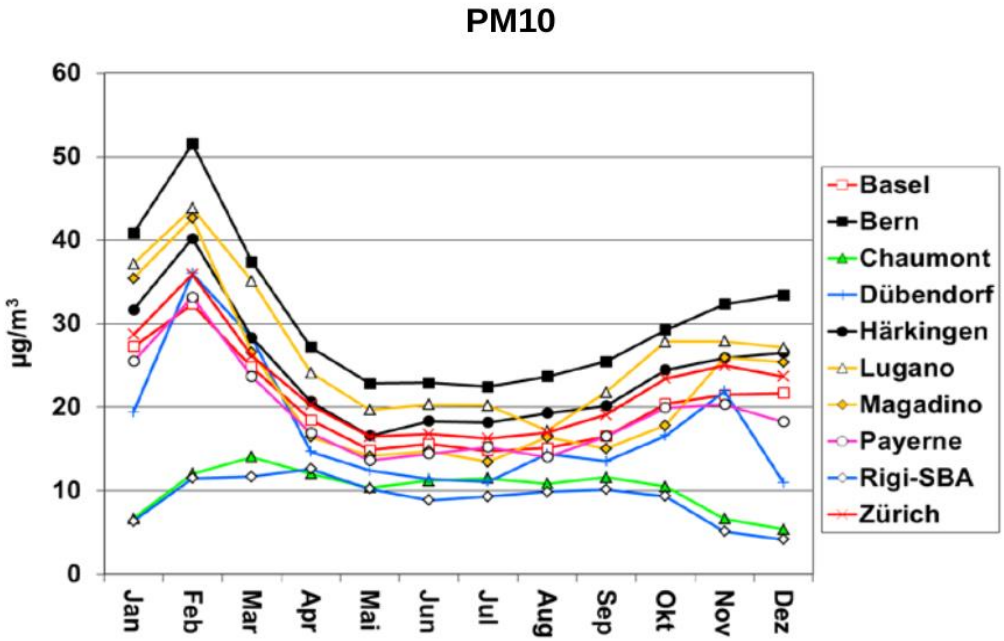


Abbildung 4 - Mittlerer Verlauf der Monatswerte von PM10 (2003 bis 2011). Quelle: BAFU (2015).

Studiere die obige Abbildung 2. Was fällt dir auf?

Erhöhte Feinstaub-Konzentrationen liegt vor...

- *in den Tessiner Tälern, in den grösseren Städten (Zürich, Genf, Luzern Bern, Basel)*
- *entlang der vielbefahrenen Autobahn*

Die tiefsten Feinstaub-Konzentrationen sind in den Alpen und im Jura zu finden.

Recherchiere, wo die verschiedenen Messstationen stehen. Wieso werden in Bern höhere Konzentrationen gemessen als in Zürich?

Die Messstation in Zürich steht auf einer Wiese im Zentrum der Stadt (Kasernenwiese). Dort hat es in unmittelbarer Nähe kaum Verkehr. In Bern hingegen steht die Messstation direkt an einer vielbefahrenen Strassenkreuzung. Zudem ist die Messstation in Bern in einer Strassenschlucht, wo der Wind den Feinstaub nicht so gut wegwehen kann.

Was unterscheidet die Messstationen „Chaumont“ und „Rigi“ von den anderen? Messtechnisch und geografisch.

Die beiden Messstationen haben einen deutlich ausgeglicheneren Verlauf der Messwerte als die anderen (keine deutliche Spitze im Februar und tiefe Werte im Winter). Das kommt daher, dass beide Stationen auf Bergen liegen, wo es wenig Feinstaubquellen hat. Zudem liegen beide Stationen im Winter bei Inversionslagen meist über der Inversion.

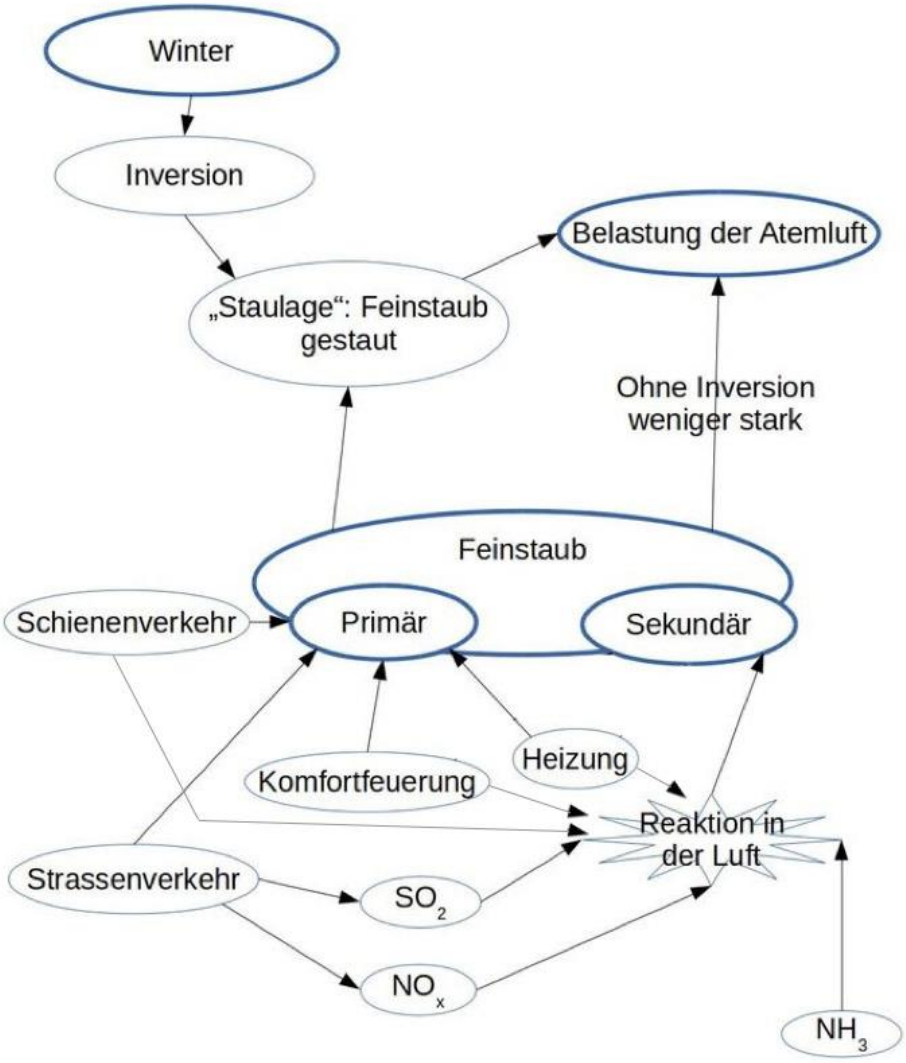
Feinstaubverteilung (15 min)

Schreibe in eigenen Worten eine Antwort auf folgende Frage: Ist Feinstaub nur im Winter ein Problem? Begründe deine Antwort. Du kannst auf Quellen im Internet Bezug nehmen.

Nein, auch im Sommer können erhöhte Feinstaubkonzentrationen auftreten. Nur verstärkt sich im Winter die Belastung für viele Menschen, weil bei Inversionslagen der Feinstaub unter der Inversion über längere Zeit „stecken bleibt“ und die Konzentration zunimmt.

Weiterdenken: Zusammenhang Winter - Feinstaub (30 min)

Stelle den Zusammenhang zwischen Winter und Feinstaub in einem Mindmap dar.



Ergänze dein Mindmap mit weiteren Feinstaubquellen und markiere, wo du Möglichkeiten hast, den Feinstaubausstoss zu beeinflussen.

7. Lösungen Experimente

7.1 Experiment: Inversion – Experimentelle Nachbildung der Inversionslage

Kurzbeschrieb
Mit diesem Demonstrationsversuch wird die Inversionslage experimentell nachgebildet.

Bezug LP21: NMG.2.2	**Zeit:** 20 Minuten
Leitfragen • Wie kommt es zu einer Inversion? • Was ist eine Inversionslage? • Wieso nimmt bei einer Inversionslage die Schadstoffkonzentration zu?	**Material** • 2 Bechergläser 500 ml • ca. 15 Eiswürfel • Trinkhalm oder • Kolbenprober/Grossspritze mit Schlauch • Zigarette, Feuerzeug, Aschenbecher
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • können erklären, was eine Inversionslage ist. • können begründen, weshalb bei einer Inversionslage die Luft nicht ausgetauscht wird und die Schadstoffkonzentration stetig zunimmt.	

Hinweise
Der Zigarettenrauch kann mit einem Kolbenprober/Grosssspritze aufgesogen und ins Becherglas eingeblasen werden.

Vorbereitung
- Einen Tag vorher: Eiswürfel im Eisfach ansetzen.
- Am Tag der Demonstration: Ein Becherglas wird zu ¼ mit Eiswürfeln gefüllt und ca. 10 Minuten im Kühlschrank kühl gestellt.

Durchführung
Die SuS beobachten und notieren die Beobachtungen im tabellarischen Protokoll
1. *Demonstration: Szenario Sommer*
   a) Das nicht gekühlte Becherglas wird auf den Tisch gestellt.
   b) Die Lehrperson zündet eine Zigarette an, nimmt Rauch über eine Grosssspritze/Kolbenprober auf und bläst den Rauch anschliessend vorsichtig und langsam am Boden des Becherglases ein. Wenn das Einblasen des Rauches zu schnell passiert, kann der Effekt nicht wahrgenommen werden.
   c) Zigarette löschen und im Aschenbecher deponieren
2. *Demonstration: Szenario Winter*
   a) Das gekühlte Becherglas wird aus dem Kühlschrank genommen.

b) Die Lehrperson zündet eine Zigarette an und nimmt erneut Rauch über eine Grossspritze/Kolbenprober auf und bläst den Rauch wieder vorsichtig und langsam auf den Boden des Becherglases. Wenn das Einblasen des Rauches zu schnell passiert, kann der Effekt nicht wahrgenommen werden.

3. Diskussion in der Klasse, warum unterschiedliche Beobachtungen gemacht wurden.

Szenario Sommer	Szenario Winter
Skizze Versuchsaufbau Beobachtungen Was passiert mit dem Rauch? Der Rauch steigt über den Rand des Becherglases hoch. Begründung: Wärmere Luft hat eine geringere Dichte als kalte Luft und steigt demnach in die Höhe. Der warme Zigarettenrauch kann im Becherglas ungehindert emporsteigen. Das Experiment funktioniert umso besser, je grösser der Temperaturunterschied zwischen Rauch und Umgebungsluft.	Skizze Versuchsaufbau Beobachtungen Was passiert mit dem Rauch? Der Rauch steigt nicht über den Rand des Becherglases hoch. Begründung: Die Eiswürfel kühlen die Luft im Innern des Becherglases ab. Am unteren Ende des Bechers beginnt sich kalte Luft anzuhäufen. Weil kalte Luft eine höhere Dichte hat als warme Luft, sinkt sie ab. Hingegen steigt wärmere Luft wegen der geringeren Dichte hoch. Nebenbei: Genau dieses Phänomen ermöglicht es dem Heissluftballon an Höhe zu gewinnen. Im Innern des Becherglases entsteht ein sogenannter Kälte-Luft-See. Die wärmere Umgebungsluft ausserhalb des Becherglases bildet einen Deckel und lässt die kalte Luft nicht hochsteigen. Konsequenz: Der Rauch steigt nicht über den Rand des Becherglases.

LUFTLABOR

7.2 Experiment: Staub – Staubteilchen sichtbar und hörbar machen

Kurzbeschrieb

Mit einfachen Mitteln machen die SuS kleine Staubteilchen sichtbar und hörbar.

Bezug LP21: NMG.2.2	**Zeit:** 15 Minuten
Leitfragen • Wie kann man Staub wahrnehmen?	**Material** • Puder • Einen aufgeblasenen Ballon • Eine Taschenlampe
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • entdecken, wie Staub sicht- und hörbar gemacht werden kann und realisieren, dass Staub vielerorts vorkommt.	

Durchführung

- Die SuS lassen etwas Puder/Staub auf den Ballon rieseln, während sie ein Ohr an den Ballon halten.
- Wenn die SuS ein wenig Puder/Staub auf die Ballonoberfläche Oberfläche rieseln lassen und anschliessend mit der Taschenlampe schräg darüber leuchten, kann man das Pulver sehen.
- Die SuS sollen folgende Fragen beantworten:
  - Wieso kannst du den Puder auf den Ballon rieseln hören?
    Der Luftballon wirkt wie ein Resonanzkörper, der das leise Geräusch vom Staub verstärkt und hörbar macht.

  - Wieso siehst du den Puder besser, wenn du mit der Taschenlampe schräg über die Oberfläche leuchtest?
    Wenn die Staubkörner von der Seite beschienen werden, werfen sie längere Schatten und erhalten dadurch ein stärkeres Profil. Gegenstände werden dabei mit einem recht starken Schräglicht – für unsere Zwecke reicht auch eine Taschenlampe – angestrahlt.

7.3 Experiment: Staubbproben – Staub unter dem Mikroskop

Kurzbeschrieb
Mit einem Mikroskop werden Staubproben aus dem Klassenzimmer genauer betrachtet.

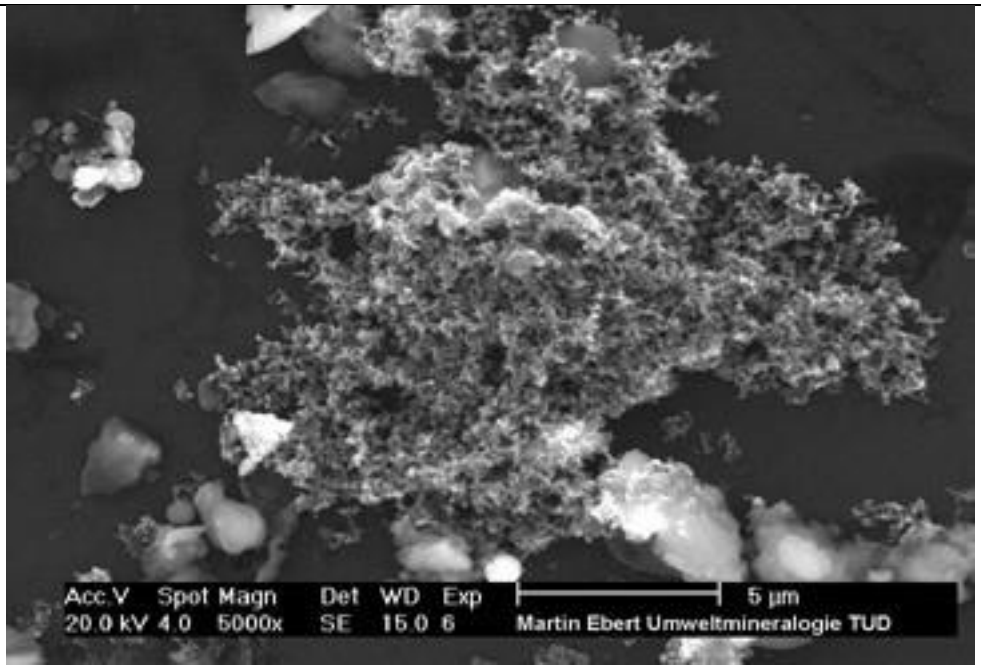
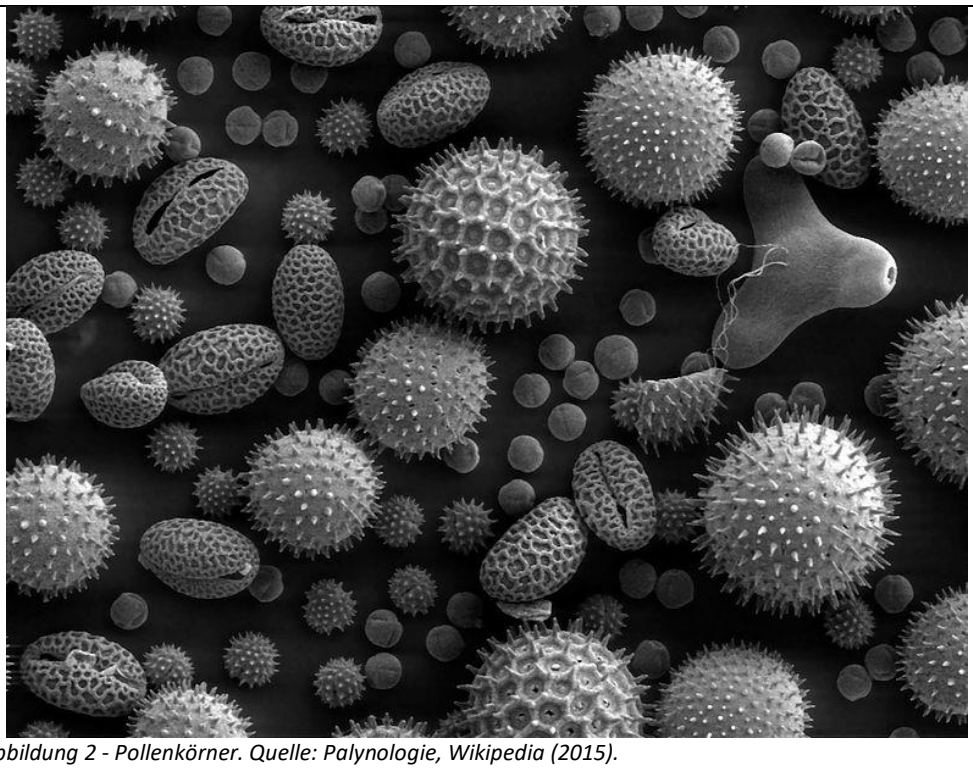
Bezug LP21: NMG.2.2	**Zeit:** 30-45 Minuten
Leitfragen • Wie sieht Staub im Detail aus? • Worin unterscheiden sich verschiedene Staubsorten?	**Material** • Klebestreifen • Mikroskop • Notiz- und Zeichenmaterial
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • kennen die Zusammensetzung des Hausstaubes. • können mit dem Mikroskop korrekt umgehen. • können die Vergrösserung am Mikroskop berechnen.	

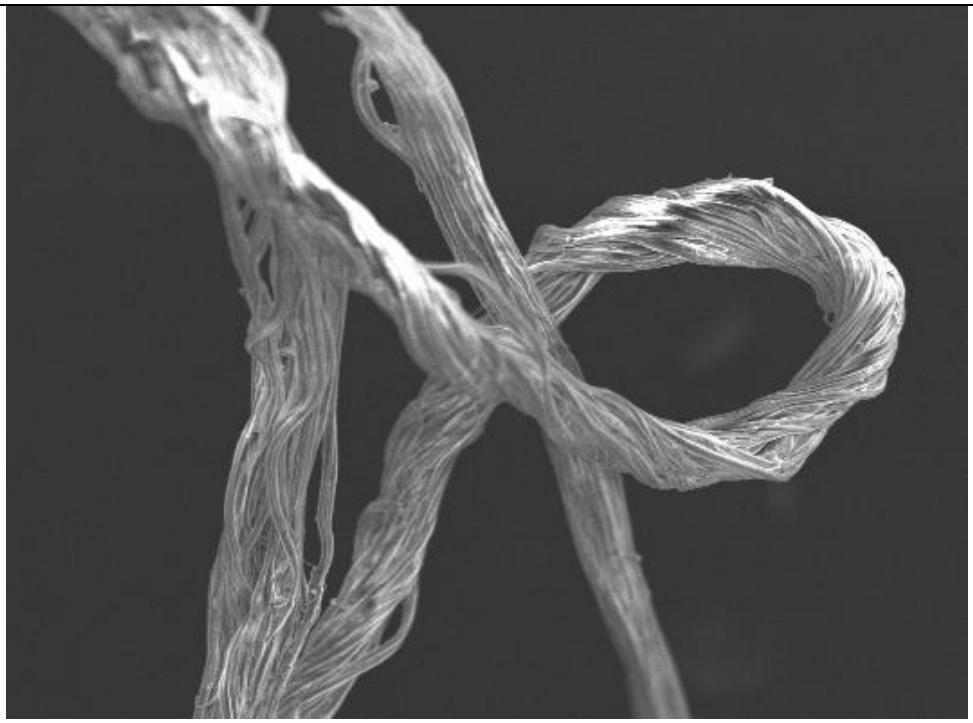
Vorbereitung
Als Vorbereitung für dieses Experiment müssen die SuS einen Tag vor dem Experiment einen Klebstreifen mit der Leimseite nach oben aufs Fensterbrett oder eine andere waagrechte Oberfläche im Klassenzimmer auslegen und über Nacht liegen lassen.

Durchführung
- Die Anleitung zur richtigen Verwendung des Mikroskops sollte für jede Schülerin und jeden Schüler Pflicht sein!
- Die SuS sollen versuchen, verschiedene Arten von Staubteilchen zu erkennen und diese mit Bildern von Staubkörnern im Internet zu vergleichen sowie versuchen, die Staubteilchen nach der Herkunft einzuteilen.
- Die SuS fertigen für drei Staubkörner unterschiedlicher Herkunft eine Skizze an.

Tipp: Mögliche Herkunftseinteilungen sind unter anderem: Fasern (von Kleidern), Mineralischer Staub, Russpartikel, Abrieb (Strasse, Bahn), Pollenkörner.

Beispiele von Staubteilchen

Russ	 *Abbildung 1 – Russpartikel. Quelle: Frankfurter Allgemeine (2011).*
Pollen	 *Abbildung 2 - Pollenkörner. Quelle: Palynologie, Wikipedia (2015).*

Polymer-Fasern (Kleider)	 *Abbildung 3 – Kleiderfasern. Quelle: Sauberer Himmel (2012).*

7.4 Experiment: Staub sammeln – Wo hat es überall Staub?

Kurzbeschrieb
Die Schülerinnen und Schüler sind dem Staub auf der Spur.

Bezug LP21: NMG.2.2	**Zeit:** 20 Minuten
Leitfragen • Wo bleibt Staub liegen? • Wo entsteht viel Staub?	**Material** • Ein weisses Blatt Papier • Ein Staubtuch • Eine starke Lichtquelle, zum Beispiel eine starke Taschenlampe oder ein Velolicht.
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • erkennen, dass Staub besonders in Winkeln und auf Fensterbrettern liegen bleibt. • beobachten wo Staub aufgewirbelt wird	

Hinweis
Dieses Experiment macht die Klasse am besten gleichzeitig. Die Lehrperson koordiniert den Start und das Ende des Experimentes.

LUFTLABOR

8. Teste dich selbst: Lösungen

1.Aufgabe: Kreuze an, ob die folgenden Aussagen stimmen oder nicht.

a) Bei einer Inversion liegt eine kalte Luftschicht über einer warmen Luftschicht.

- Stimmt
- Stimmt nicht – Über der Inversion ist es meist relativ warm und schön

b) Die Inversion wirkt wie ein Deckel.

- Stimmt – So kann sich die untere Luftschicht nicht mit der oberen vermischen
- Stimmt nicht

c) Die Inversion kommt meistens im Sommer vor.

- Stimmt
- Stimmt nicht – sie kommt meistens im Winter vor

d) Feinstaub entsteht nur durch Verbrennung.

- Stimmt
- Stimmt nicht – auch bei industriellen Prozessen und Abrieb

e) Ein Feinstaubpartikel ist dreimal so dick wie ein menschliches Haar.

- Stimmt
- Stimmt nicht – ein menschliches Haar ist etwa 10 Mal so dick wie ein Feinstaubpartikel

f) Jede Region der Schweiz ist gleich stark vom Feinstaub betroffen.

- Stimmt
- Stimmt nicht – es gibt regionale Unterschiede

2.Aufgabe: Setze die Wörter unten in die Lücken.

Die Feinstaubpartikel entstehen bei einer unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen, bei industriellen Prozessen und durch Abrieb. Das ist der primäre Feinstaub.
Feinstaubpartikel können jedoch auch durch chemische Reaktionen in der Luft entstehen. Die Belastung durch diesen sogenannten sekundären Feinstaub ist ungefähr gleich hoch wie diejenige durch primären Feinstaub.
sekundären, industriellen, Reaktionen, primäre, Verbrennung, gleich hoch, Abrieb

3.Aufgabe: Korrigiere die folgenden Sätze zum Thema «Was kannst du gegen Feinstaub tun»

Mit einer ~~hohen~~ angemessenen Temperatur in der Wohnung kann ich die Heizung entlasten.

Als Transportmittel nehme ich ~~das Auto~~ wenn möglich das Fahrrad oder gehe zu Fuss.

Für mein Dieselauto kaufe ich einen ~~Pazifikfilter~~ Partikelfilter.