

# Bau eines Inversionsmodells

## Aufgabe:

Bau eines einfachen Landschaftsmodells, in dem man eine Inversion entstehen lässt.

## Ziele:

Erklären, warum Becken- und Tallandschaften in Bezug auf die Schadstoffausbreitung benachteiligt sind und warum die Luftgüte im Winter in der Regel schlechter ist.

## Material:

- zwei kleine Aquarien
- Kühlakku in Kühltasche
- Handwärmer (Taschenwärmer, Thermopad)
- Sand
- Spielhäuser (z.B. Monopoly)
- zwei Innen-Außenthermometer (mit Kabel)
- zwei (Holz)platten als Deckel
- „Babyraketen“ als Rauchquelle
- Feuerzeug
- Infrarotlampe, evtl. Fön/Wasserzerstäuber
- evtl. Kärtchen „Winter“ und „Sommer“
- evtl. Staubzucker und Küchensieb

## Ablauf:

**Schritt 1:** Beide Aquarien werden bis zur Hälfte mit Sand gefüllt. Auf einer Seite der Aquarien wird ein Berg gebildet, die andere Seite wird zum Tal.

**Schritt 2:** Im „Winter-Aquarium“ wird ein gefrorener Kühlakku ins Tal gelegt, im „Sommer-Aquarium“ ein in Gang gesetzter Handwärmer (Bild 2). Beide werden nur so leicht mit Sand bedeckt, dass ihre Oberfläche noch rausschaut.



**Schritt 3:** In den Täler werden mit Spielhäusern Siedlungen gebaut, auf den Bergen ein paar Einzelhäuser. Wenn man es noch anschaulicher machen will, kann man mit Staubzucker im Winter-Aquarium eine Schneedecke nachstellen (Bild 3).



**Schritt 4:** In jedes Aquarium wird ein Temperaturfühler der Digital-Thermometer gehängt. Der Fühler soll jeweils knapp über dem Talboden schweben, um die Lufttemperatur im Tal zu messen (Bild 4). Die Messgeräte selbst werden neben den Aquarien auf den Tisch gestellt.



**Schritt 5:** Die Aquarien werden mit Deckeln abgedeckt (Bild 5). In einer Wartezeit von ca. 5 Minuten lässt man nun die Luft im Winter-Aquarium abkühlen, die im Sommer-Aquarium erwärmen. Liegen die Taltemperaturen zwischen den beiden Aquarien einige Grad Celsius auseinander (Bild 6), kann man den Versuch fortsetzen. In der Wartezeit kann man erklären, dass kühlere Luft (Winter) schwerer (bzw. eigentlich dichter) ist als wärmere Luft (Sommer). Im Winter-Aquarium müsste also die kalte Luft unten im Tal „liegen“ bleiben, im Sommer-Aquarium müsste die warme Luft im Tal aufsteigen. Das wird in den nächsten Schritten verdeutlicht.



**Schritt 6:** Nun muss man Rauch in den Aquarien erzeugen. Am besten geht das mit „Babyraketen“. *Diese müssen schon folgendermaßen vorbereitet sein: Raketenkopf vom Stiel abtrennen und mit Klebeband verkehrt herum wieder fest aufkleben, damit die Zündschnur nach vorne zeigt (Bild 7).*



Pro Aquarium eine Rakete am Stielende halten, Zündschnur anzünden, Zündkopf ins Aquarium halten (Bild 8) und den Deckel fest raufdrücken.



*Vorsicht: Beim Zünden fliegen u. U. einige Funken trotzdem unter dem Deckel raus. Bei Blindgängern den Deckel nicht gleich wieder öffnen, sondern 1 Minute warten und dann den Raketenkopf in ein Wasserglas stecken.*

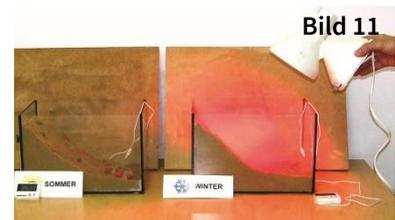
**Schritt 7:** Ein paar Sekunden nach der Zündung die Raketen unter den Deckeln herausziehen und die Aquarien schnell wieder ganz abdecken. Ca. 1 Minute warten, bis sich der Rauch regelmäßig verteilt und „beruhigt“ hat.



**Schritt 8:** Zuerst den Deckel vom Winter-Aquarium **ganz langsam** entfernen. Schnelle Bewegungen und Luftzug (z.B. offenes Fenster) vermeiden, sonst funktioniert das Experiment u. U. nicht. Dann auch den Deckel vom Sommer-Aquarium entfernen (Bild 9).



**Schritt 9:** Nun wird der Unterschied zwischen Sommer und Winter beobachtet: Im Winter bleiben die Schadstoffe in den Tälern „liegen“, da die kältere Luft am Boden und die wärmere darüber einen vertikalen Austausch verhindern (=Inversions-Wetterlage). Im Sommer steigen die Schadstoffe mit der wärmeren Luft auf und werden so abtransportiert (Bild 10).



**Schritt 10:** Um zu sehen, wie Inversionen aufgelöst werden können, kann man im Winter-Aquarium nun die stärkere Sonneneinstrahlung im Frühling (Infrarot-Lampe) simulieren. Man richtet die Lampe auf den Talboden (Bild 11), die Strahlung erwärmt den Boden, dieser dann die Luft über dem Boden. Die Luft beginnt nach kurzer Zeit aufzusteigen und nimmt die Schadstoffe dabei mit. Die Inversion wurde aufgelöst.

### Ergebnis:

Der Versuch hat gezeigt, dass sich in Tal- und Beckenlagen in der kalten Jahreszeit leicht Inversionen bilden können, die dann zu erhöhter Luftbelastung in Bodennähe führen. In der warmen Jahreszeit hingegen werden die Schadstoffe wesentlich leichter nach oben abtransportiert.

## Tipps:

- Handwärmer gibt es bei diversen Online-Anbietern.
- Obwohl moderne Innen-Außenthermometer meist mit Funk ausgestattet sind, werden Thermometer mit Kabel zum Außensensor auch noch in Elektrofachgeschäften angeboten. Man kann die Thermometer aber auch weglassen, da man sich die Temperaturunterschiede zwischen Kühltank und Handwärmer auch gut vorstellen kann.
- „Babyraketen“ kauft man am besten vor Silvester im 100er-Pack. Unterm Jahr sind sie schwer zu bekommen. Diese Form der Rauchquelle ist die mit Abstand effizienteste und einfachste. Räucherstäbchen, Räucherpyramiden oder Zigarettenrauch sind nicht zu empfehlen.
- Rauchmelder im Klassenraum sprechen normalerweise auf den austretenden Rauch aus den Aquarien nicht an. Es wird aber empfohlen, den Versuch nicht direkt unter Rauchmeldern zu machen. Lüften sollte man erst nach dem Versuch, da offene Fenster (Zug) den Versuch beeinflussen können.
- Man kann den Versuch auch wiederholen und dann die Inversion auch auf andere Weisen auflösen, z.B. mit einem Fön, der Wind darstellen soll oder mit einem Wasserzerstäuber, der Regen darstellen kann. Beide Wettererscheinungen führen zu einem Austausch der Luftmassen und zu einem Abtransport der Luftverunreinigungen.



- Man kann die Aussage des Versuchs auch in einem extrem vereinfachten Ablauf darstellen (siehe 4 Fotos unten), wenn auch die Anschaulichkeit und der Bezug zur Realität im Vergleich zum Landschaftsmodell hier weniger gegeben ist: Man verwendet dazu zwei hohe Gläser, von denen eines direkt aus dem Kühlschrank kommt und das andere bis kurz zuvor mit heißem Wasser gefüllt war. In beiden wird wiederum wie oben Rauch erzeugt und die Gläser werden sofort verschlossen. Nach ca. 2 Minuten werden die Deckel entfernt.

Auch hier steigt der Rauch nun im warmen Glas (Sommer) auf, da die warmen Glaswände die Luft im Glas erwärmen. Das Aufsteigen läuft hier aber langsamer als beim Aquarium ab. Man kann dafür aber sehr schön die Turbulenzen beobachten, die im Glas durch aufsteigende warme Luft und absinkende kühlere Luft von außen bewirkt werden. Im kühlen Glas (Winter) verbleibt der Rauch im Glas. Bis das warme Glas völlig entleert ist, vergehen ca. 3-4 Minuten.

Abschließend kann man die Inversion im kühlen Glas noch auflösen, indem man die Glaswände von außen mit den Händen erwärmt (dauert auch einige Minuten). Auf das Vermeiden von Luftzug und raschen Bewegungen ist auch bei dieser Versuchsvariante zu achten.

