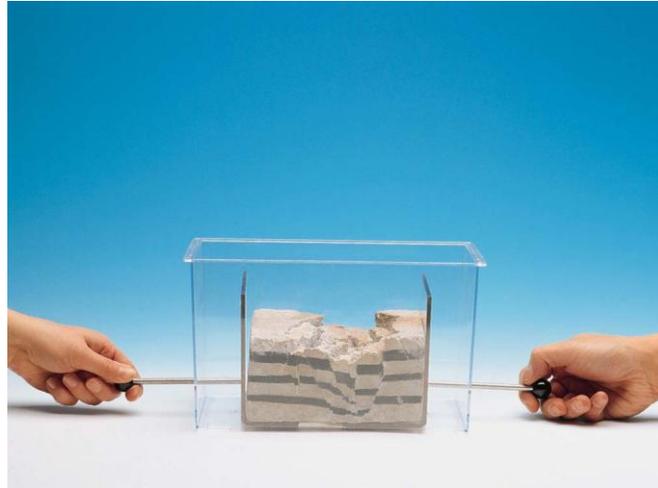


TECTODIDAC – geologisches Experiment



Einleitung

Mit diesem Gerät lassen sich erstmalig geologische Analogie-Modelle für pädagogische Zwecke realisieren.

Schon einige Jahre lang ist die Tektonik ein fester Bestandteil der Lehrpläne. Um diesen Teil der Lehrpläne abzudecken, nutzen die Biologie- und Geologielehrer Zeichnungen und Fotos, die sie zur Ansicht ausgeben, damit sich die Schüler mit bestimmten tektonischen Begriffen vertraut machen können.

Die Möglichkeit, vereinfachte Modelle von Gebirgsketten und tektonischen Gräben von Schülern erstellen zu lassen, wird zu erhöhter Aufmerksamkeit führen und dafür sorgen, dass nachhaltige Spuren davon im Gedächtnis der Schüler zurückbleiben.

Die transparenten Wände des Kunststoffbeckens ermöglichen es uns, die grundlegenden geologischen Strukturen im Entstehungsprozess zu beobachten, wie z. B. das Zentrum einer Falte oder den Boden eines Grabenbruchs. Bei dem zu verdichtenden oder auszudehnenden Material handelt es sich um Sand oder Gips. Diese Experimente dauern nur einige Minuten und veranschaulichen in Wirklichkeit mehrere zehn Millionen Jahre.

Wir beschleunigen die Zeit, und wir begreifen die räumliche Lage einer Falte bzw. einer Verwerfung und die Entstehung von Verformungen besser. Die sich herausbildenden Strukturen sprechen sehr anschaulich für sich selbst und ähneln in hohem Maße dem, was wir aus der Natur kennen.

Im Zuge der Durchführung dieser Experimente versteht man, warum die Falten und Verwerfungen auf so erhebliche Massen in großer Tiefe und über weite Flächen Einfluss nehmen können. Diese Verformungen machen das ganze Ausmaß der von ihnen ausgelösten Verschiebungen bewusst und zeugen von der Aktivität der Erde.

1. Lieferumfang

- 1 Becken aus transparentem Kunststoff mit den Maßen (L x B x H): 260 x 160 x 170 mm
- 1 transparente Kunststoffplatte, auf der ein beweglicher Kolben angebracht ist
- 2 L-förmige transparente Kunststoffplatten, auf denen jeweils ein beweglicher Kolben angebracht ist
- 1 Stampfer zum Verdichten des verwendeten Materials (Sand, Gips usw.).

2. Pädagogische Zielsetzungen

Dieses Gerät ist für einen Einsatz durch drei Nutzergruppen vorgesehen:

- Durch das **Lehrpersonal**, sofern dieses das von ihm erstellte analoge Modell (aus Gips) zur Wissensvermittlung erhalten möchte.
- Durch **Schüler** im Rahmen praktischer Übungen, wobei Sand für einfache, kurze Experimente eingesetzt wird.
- Durch **jedermann**, der die Aktivität der Erde mit der Durchführung der zahlreichen vorgeschlagenen Experimente besser verstehen möchte.

2.1 Methodologische Zielsetzungen

Dabei geht es insbesondere um zwei Arten von Zielen:

- Handhabungsziele: Erlernen des Umgangs mit dem Material, Aufbau feiner und präziser Strukturen
- Wissenschaftliche Argumentationsziele: Annahme eines Erklärungsansatzes für ein gegebenes Problem, Auswertung eines analogen geologischen Modells

2.2 Kognitive Zielsetzungen

Wir begnügen uns damit, sie aufzulisten und die theoretische Wiederholung im folgenden Teil unterzubringen:

- Visualisierung der Entstehung einer Gebirgskette mit Falten und inversen Verwerfungen infolge von Konvergenzbewegungen (Kompression).
- Visualisierung der Entstehung eines Grabenbruchs infolge von Spreizbewegungen (Dehnung).
Zuschüttung eines Grabenbruchs.
- Verstehen der Erosion, der Rumpfebenebildung und der Sedimentation.

3. Aufbau und Pflege

- Um ein Verkratzen der Beckenwände während des Experiments zu vermeiden, wird empfohlen, die Kanten der Platten mit einem Klebestreifen abzukleben.
- Das Becken muss während eines Experiments ausreichend gegen Verrutschen gesichert sein. Gehen Sie bei der Kompression nie mit Gewalt vor, damit das Kunststoffmaterial nicht bricht.
- Das Kunststoffmaterial wird allmählich durch den Sand verkratzt werden: Damit der gute Zustand des Beckens solange wie möglich erhalten bleibt, verwenden Sie einen Pinsel, um das Becken vom Sand zu reinigen. Noch besser ist es, es mit Wasser auszuspülen.

4. Was in Reichweite vorhanden sein sollte

- Pauspapier
- Ein Fotoapparat oder eine Videokamera, um die Entstehung der Verformungen im Bild festzuhalten
- Filzstifte, um die Gräben hervorzuheben
- Färbemittel für den Sand, um Mehrfachsichten mit mehreren Farben zu erhalten

Optionales Material, notwendig für die Konservierung der analogen Modelle:

- Weißer Gips: Sack zu 5 kg (Best.-Nr. [200.7362](#))
- Färbemittel in Pulverform für den Gips: roter Farbstoff (Best.-Nr. [200.7418](#))
schwarzer Farbstoff (Best.-Nr. [200.7419](#))

ANMERKUNGEN

- 1) *Begeben Sie sich zur Durchfeuchtung des Gipsmodells in die Nähe eines Spülbeckens.*
- 2) *Besorgen Sie sich eine gewöhnliche Fuchsschwanzsäge und ein Messer, um die abgesägten Kanten abzuschaben.*

5. Zusätzliches Material

Didaktische Karten

- „Die Subduktion“ Best.-Nr. 200.9051
- „Entstehung und Entwicklung eines Ozeans“ Best.-Nr. 200.9052
- „Der Aufbau der Erde“ Best.-Nr. 200.9053
- „Die Entstehung der ozeanischen Erdkruste“ Best.-Nr. 200.9054

Praktische Übung: Kompression und Erosion

- **Experiment Nr. 1**
Kompression einer Abfolge von Sedimentschichten, Bildung von Falten und inversen Verwerfungen

a) Betroffene Lehrpläne

☞ „Veranschaulichung der Aktivität der Erde“ (Erdbeben, Gesteinsverformungen)

Damit sollen Grundbegriffe wie Falten und Verwerfungen erläutert und ein Bewusstsein für den Umfang der betroffenen Massen sowie der notwendigen Kräfte geschaffen werden, um solche Strukturen herauszubilden.

☞ „Untersuchung der Mobilität der Lithosphäre“,
„Entstehung der Gebirgsketten“

Es wird vorgeschlagen, die Entwicklung der Faltenentstehung zu untersuchen: Erkennen des Zusammenhangs zwischen den Falten und den inversen Verwerfungen, den strukturellen Elementen, die eine Kollisionszone kennzeichnen.

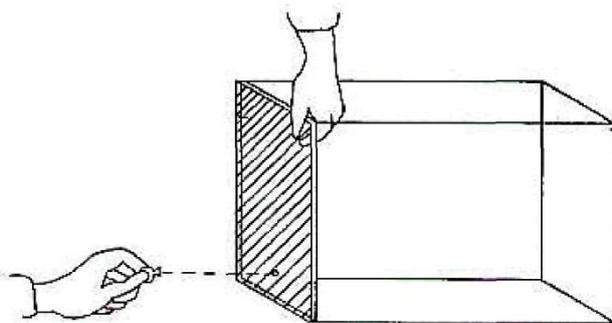
b) Funktionsprinzip

Wir werden die verschiedenen möglichen geologischen Ausformungen im Zuge einer Kompression darstellen, und zwar in chronologischer Reihenfolge mit zunehmender Komplexität. Der Versuch dauert nur etwa 20 Minuten.

Zunächst bildet man mit dem Sand horizontale Schichten (in Bezug auf die jeweilige Ausbringungsposition der Abfolge von Sedimentschichten).

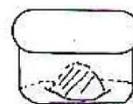
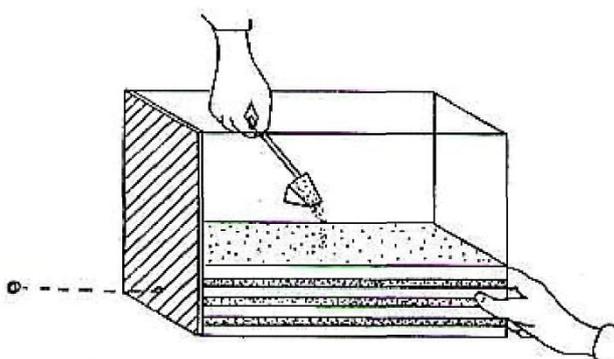
c) Versuchsprotokoll (mit pädagogischen und technischen Anmerkungen)

Aufbau



Platte wird an einer Seite des Beckens angebracht.

Der Griff wird festgeschraubt.



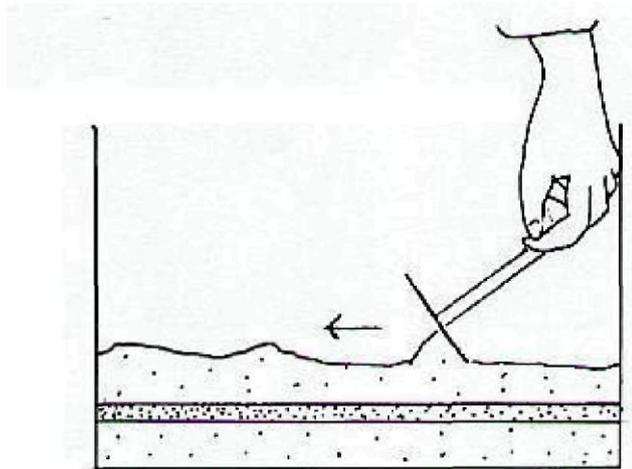
Weißer Sand



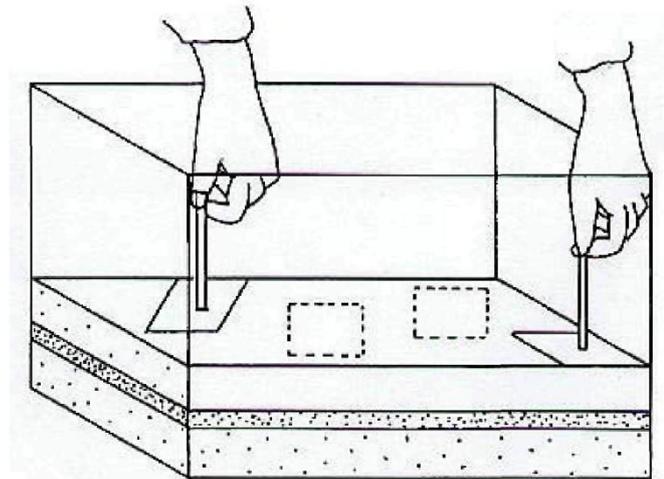
Rote Sand

Verteilen Sie den Sand horizontal in gleich dicken Schichten (je ca. 1 cm).
Zeichnen Sie das Muster der Sedimentschichten auf Pauspapier nach, um später Anhaltspunkte zu haben.

Nivellieren Sie die Sandschicht mit Hilfe des Stampfers

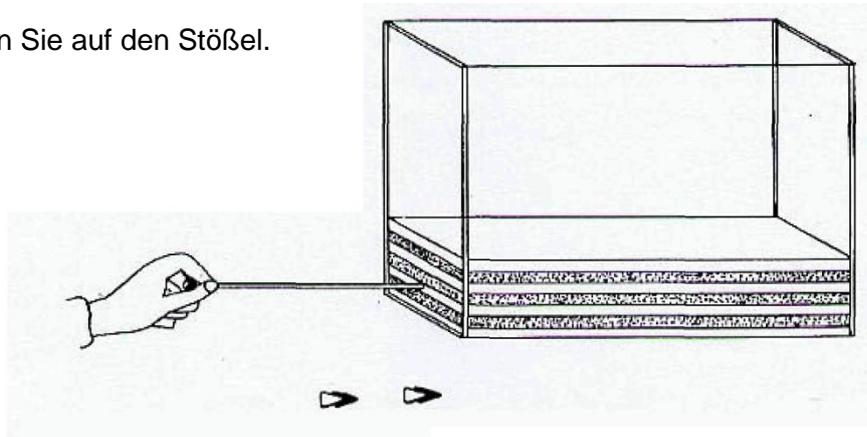


Dann verdichten Sie den Sand etwas

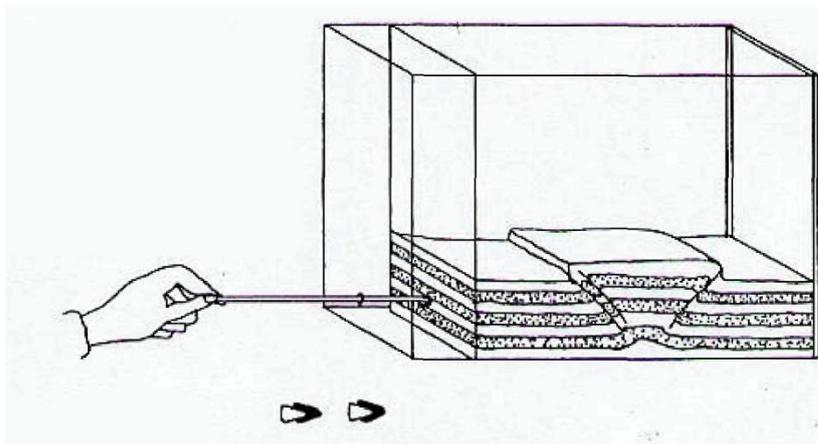


↪ **Kompression**

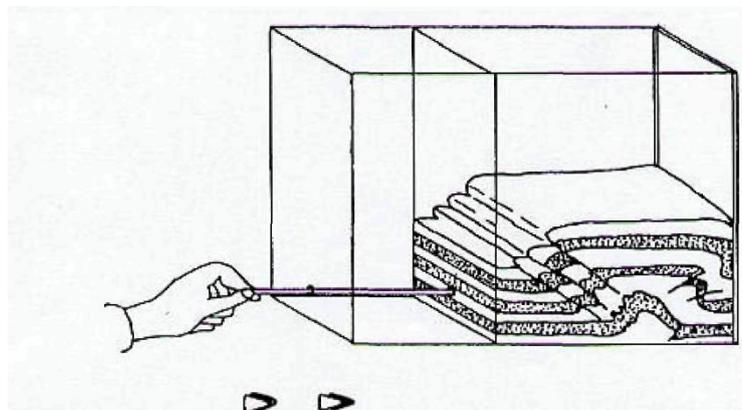
Drücken Sie auf den Stößel.



Die Platte übt einen Druck auf die Sandschichten aus.



Zeichnen Sie die Ergebnisse der unterschiedlichen Stärken der Verkürzung nach.



Am Ende des Experiments kann man die Sanddicke messen und wird verstehen, warum man von einem Relief spricht.

- **Experiment Nr. 2:**
Erosion einer Falte, winkelförmige Diskordanz

Dieses Experiment ist im Anschluss an Experiment Nr. 1 durchzuführen.

a) Betroffene Lehrpläne

(Siehe Seite 4)

b) Funktionsprinzip

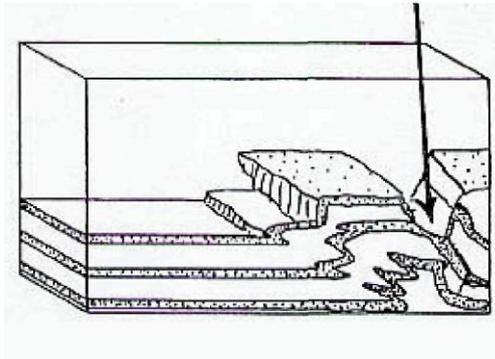
Es geht dabei darum, von den Schülern die Erosion einer Falte nachbilden zu lassen, wobei es allmählich zu einer Materialanhebung kommt. Die eingefärbten Schichten treten zutage; in der Draufsicht (aus der Vogelperspektive) verändert sich die „geologische Karte“.

Durch die Beseitigung des Reliefs kommt es zur Bildung einer Rumpfebene.

Die Schüler können dann eine neue horizontale Abfolge von Sedimentschichten auftragen (Diskordanzauftragung).

c) Versuchsprotokoll (im Anschluss an Experiment Nr. 1)

TALWEG

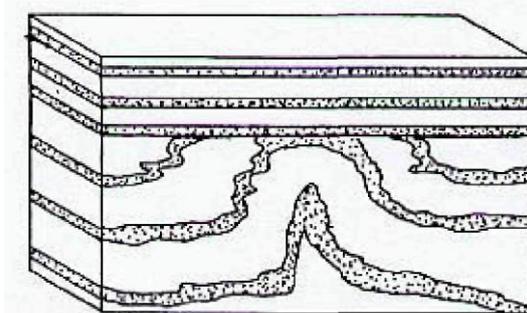




Graben Sie mit einem Löffel einen Talweg in das Relief.

Beobachten Sie die zutage tretenden Schichten im Zentrum der Falte.

EROSIONSFLÄCHE





Graben Sie weiter und bilden Sie eine ebene Fläche (Rumpffläche).

Tragen Sie oben horizontale Sand-schichten auf.

Wenn der Geologe einen Mechanismus ersinnt oder einfache Modelle erstellt, so geschieht dies mit dem Ziel, Abbilder zu erhalten, die der Wirklichkeit nahe kommen.

Draußen im Gelände kann der Geologe weder die einer jungen Gebirgskette zugrundeliegenden Strukturen betrachten noch die sehr langsame Entwicklung der Verformung, die sich im Laufe mehrerer Millionen Jahre vollzieht.

Er kann nur die Oberfläche betrachten, die einen aktuellen Verformungszustand darstellt.

Mit diesem Experiment kann man also die geologischen Abläufe filmhaft erfassen, man kann die Herausbildung einer Falte im Laufe der Zeit sehen.

Praktische Übung: Kompression und Erosion

Vorgehensweise:

☞ *Kompression: Experiment Nr. 1:*

- Setzen Sie die einfache Platte im Becken ein.
- Führen Sie die Sedimentablagerung durch (3 dunkle Schichten, 3 helle Schichten)
- Zeichnen Sie die Schichten in der Ausgangsposition auf Pauspapier nach, um später Anhaltspunkte zu haben.
- Betätigen Sie den Kolben: Beginn der Kompression.
- Zeichnen Sie den Endzustand auf Pauspapier nach.
- Legen Sie die drei Pauspapiere auf ein großes Blatt, und beginnen Sie mit der

Auswertung.

☞ *Erosion der Falte und Sedimentation: Experiment Nr. 2 (im Anschluss an Nr. 1)*

- Führen Sie eine Erosion des oberen Teils der Falte aus, um eine ebene Erosionsfläche zu erhalten.
 - Beobachten Sie aus der Draufsicht die Ausbisse der zutagegetretenen geologischen Schichten.
 - Führen Sie eine neue horizontale Sedimentablagerung über der Erosionsfläche durch.
 - Zeichnen Sie den Endzustand auf Pauspapier nach, und fügen Sie die Zeichnung zur zusammenfassenden Auswertung zu den anderen Pauspapieren hinzu.

Schülerarbeitsblatt

Fragebogen für die 8. Klasse:

Kompression und Erosion:

Die Schüler sollen die Falten und Verwerfungen zeichnen und versuchen zu verstehen, wie die Kräfte gewirkt haben, die zu deren Entstehung führten. Dazu sind folgende Fragen zu beantworten:

- Messe die Dicke der Schichten über der gesamten Länge.
Was stellst Du fest? Zähle die Anzahl der inversen Verwerfungen ab.
- Welcher Art von Kraft kann man die Falten und die inversen Verwerfungen zuordnen?

Wähle aus der Auflistung der vorgeschlagenen, kursiv dargestellten Wörter diejenigen aus, mit denen sich der nachfolgende Text vervollständigen lässt:

Verlagerung, Verwerfungen, Falten, Verkürzung, Annäherung

..... sind Brüche oder Abspaltungen, in deren Folge es zu einer
..... kommt. Bestimmte Verwerfungen, die inverse Verwerfungen genannt
werden, treten häufig zusammen mit auf. Zumeist sind sie das Ergebnis
einer-bewegung (Konvergenz). Die Verformung entspricht einer
..... des Ausgangsgeländes.

Schülerarbeitsblatt**Fragebogen für die 11. Klasse:*****Kompression und Erosion:***

- A. Das Auftreten signifikanter struktureller Elemente in einer Kompressionszone: Falten und inverse Verwerfungen
- B. Vergleich mit einem Querschnitt durch die Alpen
- C. Erosion der Falte und Sedimentierung (Lebensdauer einer Gebirgskette)

**A. Das Auftreten signifikanter struktureller Elemente in einer Kompressionszone:
Falten und inverse Verwerfungen****Benutze Übungsblatt 1**

a) Zeichne die horizontalen Sedimentschichten vor Beginn des Experiments in den freigelassenen Teil ein:

- Gib die ursprüngliche Dicke an.
- Gib die ursprüngliche Länge an.

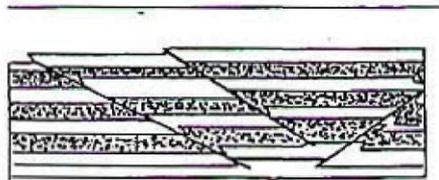
Zeichne in allen anderen Schemazeichnungen die wirkende horizontale Kompressionskraft durch einen Pfeil ein.

- b) Unterstreiche eine entstandene Bruchebene (Verwerfung) und kommentiert diesen Satz: *„Wenn die Drücke die Elastizitätsgrenze des Gesteins überschreiten, brechen diese in einem Punkt auseinander: dem Brennpunkt.“*
- c) Gib mit Pfeilen die Richtung der relativen Verlagerung der Materie zu beiden Seiten einer Verwerfung an.
- d) Die Verwerfungen sind in zweifach abgesenkt und grenzen einen dreieckigen Materiekeil ab, der nach oben gedrückt wurde. Gib mit einem Pfeil diese vertikale Aufwärtsbewegung an.
- e) Messe die maximale Stärke des Geländes in diesem Stadium. Warum bringt man Gebirgsketten mit Kompressionszonen in Verbindung?
- f) Diese Verwerfungen werden inverse Verwerfungen genannt, da sie zu einer Verkürzung der Materie führen. Messe die Verkürzung in diesem Stadium. Berechne sie in %.
- g) Vergleiche die Anzahl der entstandenen inversen Verwerfungen im Stadium b) und dann im Stadium g). Schließlich hat sich eine große, mit diesen Verwerfungen in Zusammenhang stehende Falte herausgebildet. Erläutere die Schemazeichnung, indem Du das Zentrum oder Kernstück der Falte sowie die antiklinale Wölbung (konvexer Teil der Falte) einzeichnest.

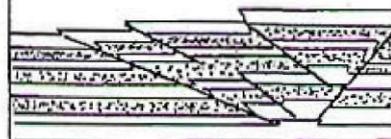
- h) In der Schemazeichnung ist (gestrichelt) eingezeichnet, wo in die gefalteten Schichten eine Loch gebohrt wurde bzw. eine Bohrung befindet.
Was stellt man bezüglich der Aufeinanderfolge der geologischen Schichten fest, auf die man bei der Bohrung stößt?

Schülerarbeitsblatt : Übungsblatt 1

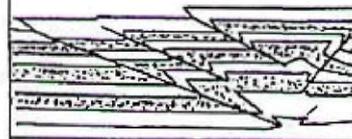
a



b



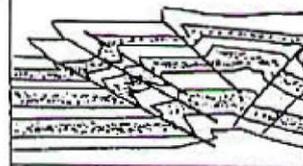
c



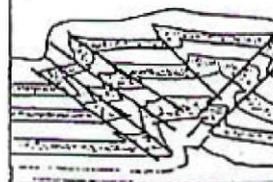
d



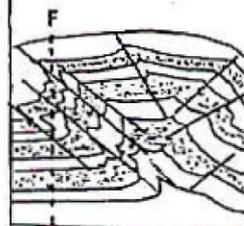
e



f



g



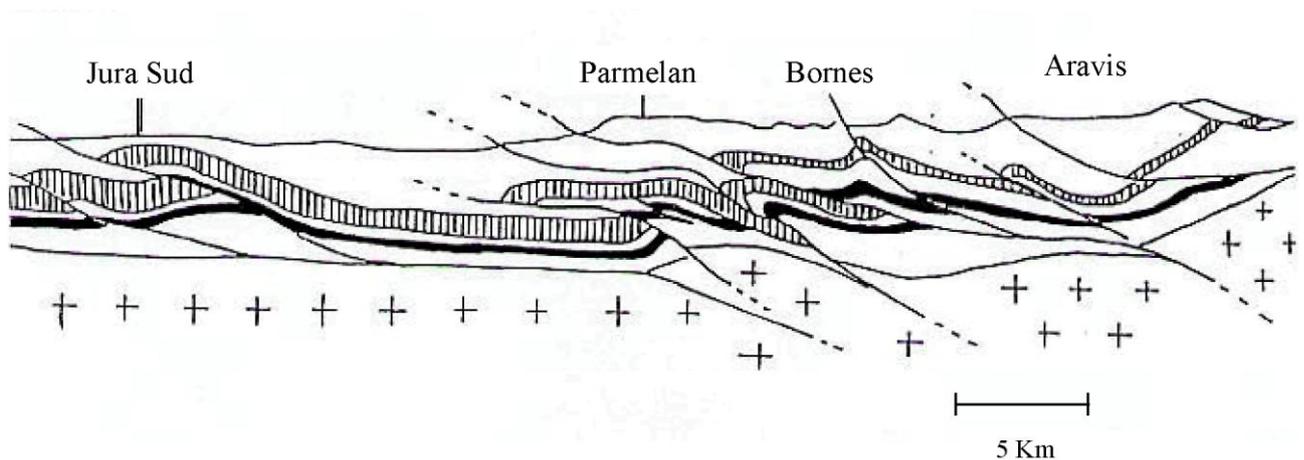
h

**B. Das Auftreten signifikanter struktureller Elemente in einer Kompressionszone:
Falten und
inverser Verwerfungen**

Abb. 2 stellt einen einfachen Querschnitt durch die Savoyer Alpen dar. Gib die Hauptrichtung der Kompression durch einen Pfeil an und suche die zuvor bei dem Experiment erwähnten Strukturen.

Die Alpenkette ist auf eine Verkürzung der kontinentalen Erdkruste über einen langen Kompressionszeitraum (60 Millionen Jahre) zurückzuführen.

Suche die Parameter, die die Laborversuche von den geologischen Phänomenen unterscheiden.



Vereinfachter Querschnitt durch die den Alpen vorgelagerten Savoyer Bergketten, der deren tektonische Ausformung darstellt.

Die eingezeichneten Kreuze stellen das Tiefengestein (Granitsockel) des Primärzeitalters dar.

Darüber liegt eine Abfolge dicker Sedimentschichten des Sekundär- und Tertiärzeitalters, von der nur einige Schichten eingezeichnet sind: die schwarze Schicht des mittleren Jura (160 Millionen Jahre) und die Portland-Schicht (140 Millionen Jahre).

C. Neben der Tektonik treten mehrere Phänomene auf: die Erosion, die Sedimentation

- Unter Erosion versteht man alle Phänomene, die das vorhandene Gelände vollständig oder teilweise aufheben und somit das Relief verändern. Die Materialien werden von Flüssigkeiten abgetragen: Könnt Ihr sagen, welche?

TECTODIDAC – geologisches Experiment - Best.-Nr. 2015472

- Wenn das Meer erneut in die eingeebnete Region vordringt, werden wieder Sedimentablagerungen das Ganze abdecken. Vergleiche die Neigung und die Anordnung der Schichten auf beiden Seiten der Erosionsfläche.
- Fasst alle realisierten Ereignisse zusammen.

Lösungsschlüssel: Kompression und Erosion**Zu A.**

- Mit dem horizontalen Pfeil lässt sich die Art der Kompressionskraft veranschaulichen, derzufolge es zu diesen Strukturen kommt.
- Man muss eine gewisse Kraft aufbringen, bevor eine Verwerfung entstehen kann. Vor dem Erreichen der dazu notwendigen Stärke passiert nichts, die Energie akkumuliert sich und entlädt sich dann abrupt in einem Bruch. Dadurch bedingt kommt es zu einem Erdstoß oder Erdbeben, der mit dem Abgleiten der beiden Blöcke entlang einer Verwerfungsebene einhergeht.
- Eine inverse Verwerfung ermöglicht eine Verkürzung der Materie, d.h. eine Überlappung des Bereichs, der über der Verwerfungsebene liegt, über den anderen Bereich.
- Man stellt fest, dass mit zunehmender Verkürzung die Anzahl der inversen Verwerfungen steigt.

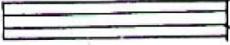
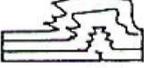
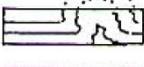
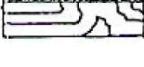
Zu B.

- Im Zuge der Kompression kommt es allmählich zu einer Verdichtung der Materie und somit zur Bildung eines Reliefs, wie z. B. eine Gebirgskette. Die horizontalen Bewegungen bewirken also vertikale Bewegungen mit der Bildung von Falten und inversen Verwerfungen, Strukturen, die man im Querschnitt durch die Alpen vorfindet.
- Die Dauer des Phänomens, die angewandte Maßstab, die Stärke der Kräfte sind Parameter, die die Laborversuche unterscheiden.

Zu C.

- Regenwasser belebt die Erde; in unseren Breiten transportieren Bäche sowie kleine und große Flüsse die Materialien.
- Wenn die Erosion schneller als das Wachstum der Gebirge voranschreitet, wird das Relief vollständig verschwinden, bis eine ebene Fläche (Rumpfebene) entstanden ist. Daher spricht man von der Lebensdauer der Gebirgsketten.
- Eine Gebirgskette entsteht: jugendliches Stadium, Schemazeichnungen Nr. 2 und 3 (Orogenese).
- Dann verschwindet sie durch Erosion: Stadium der Alterung, Schemazeichnung Nr. 5 (Rumpf-ebenenbildung).
- Die Region kann von neuem vom Meer erobert werden (Transgression oder übergreifende Auflagerung), und es kommt zu Ablagerungen in winkelförmiger Diskordanz im Hinblick auf die vorherigen Schichten, Schemazeichnung Nr. 6.

TECTODIDAC – geologisches Experiment - Best.-Nr. 2015472

- | | | |
|---|---|---|
| 1 |  | Horizontale Sedimentation |
| 2 |  | Bildung einer Falte durch Orogenese-kompression |
| 3 |  | Erosion der Falte durch Fließgewässer |
| 4 |  | |
| 5 |  | Rumpfebenebildung im Endstadium, Verschwinden des Reliefs |
| 6 |  | Transgression und Ablagerungen von Sedimentschichten |

Praktische Übung: Dehnung und Sedimentation

• Experiment Nr. 3: Grabenbruchbildung

a) Betroffene Lehrpläne

☞ 8. Klasse: *Diese praktische Übung ist wie die vorhergehende Teil des Kapitels „Veranschaulichung der Aktivität der Erde“ (Erdbeben, Gesteinsverformungen)*

Damit soll der Begriff der Dehnung in Verbindung mit Grabenbrüchen erläutert werden.

☞ 11. Klasse: *„Untersuchung der Mobilität der Lithosphäre“ und zwar die Kapitel, **Expansion – Erdbeben - Vulkanismus***

Es wird vorgeschlagen, die Entwicklung der Grabenbruchbildung mit Hilfe von Schemazeichnungen zu untersuchen: Erkennen der Grabenbrüche, die die geeigneten Blöcke begrenzen, den strukturellen Elementen, die eine Ausdehnungszone kennzeichnen (und die man in passive Ränder eingebettet vorfindet).

Neben der Tektonik sind mehrere Phänomene daran beteiligt: die Zuschüttung des Grabenbruchs, eine echte Sedimentfalle, und der Vulkanismus, da die offenen Spalten ein Aufsteigen der Lava ermöglichen.

b) Funktionsprinzip

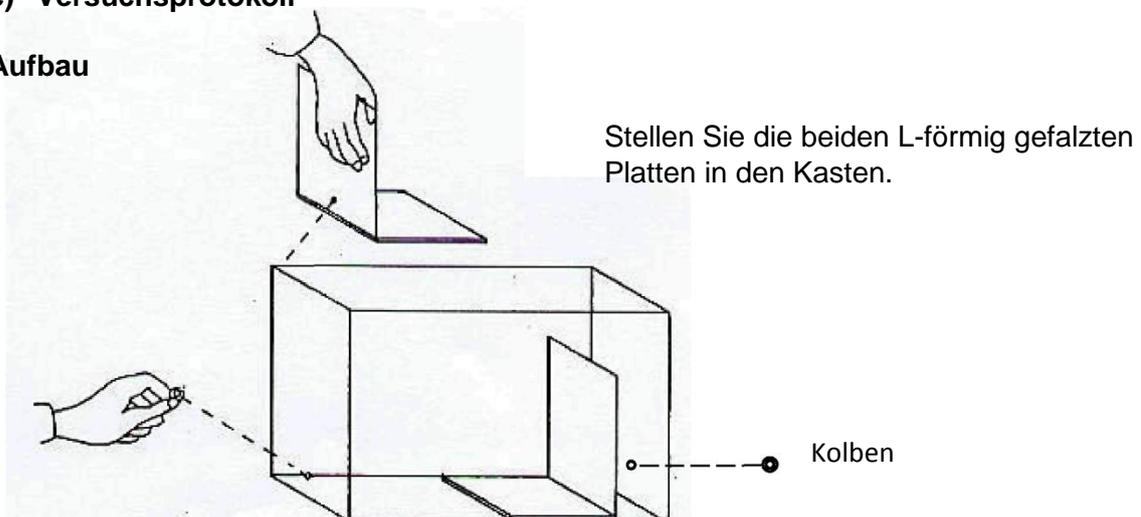
Wir werden die verschiedenen geologischen Ausformungen der Reihe nach mit zunehmender Komplexität darstellen. Zu Beginn werden horizontale Sandschichten aufgehäuft.

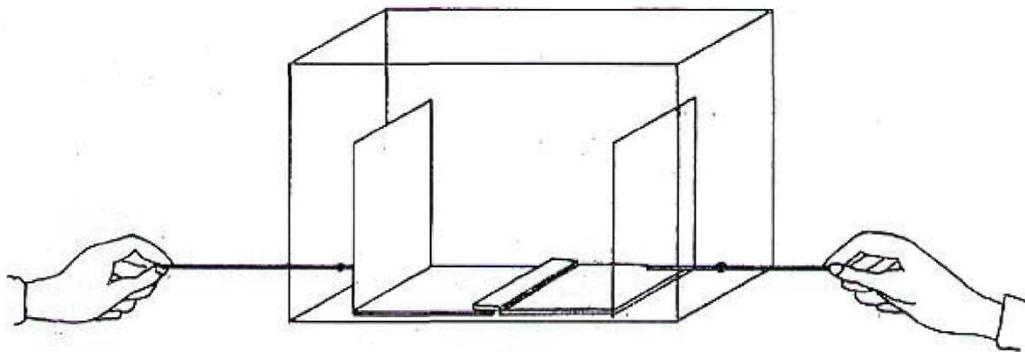
Diese Schichten werden allmählich gestreckt werden; die Schüler können den Zusammenbruch im Zeitverlauf beobachten.

Der Versuch dauert nur etwa 20 Minuten und fesselt die Aufmerksamkeit.

c) Versuchsprotokoll

Aufbau



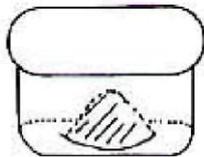


Stecken Sie die Stäbe in die dafür vorgesehenen Löcher.

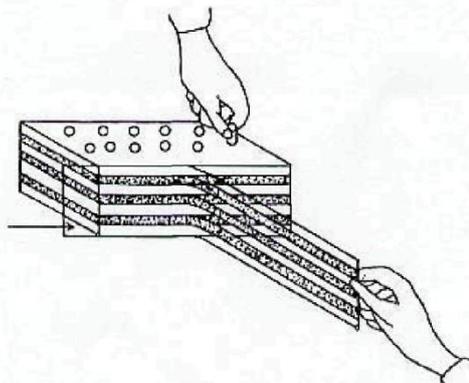
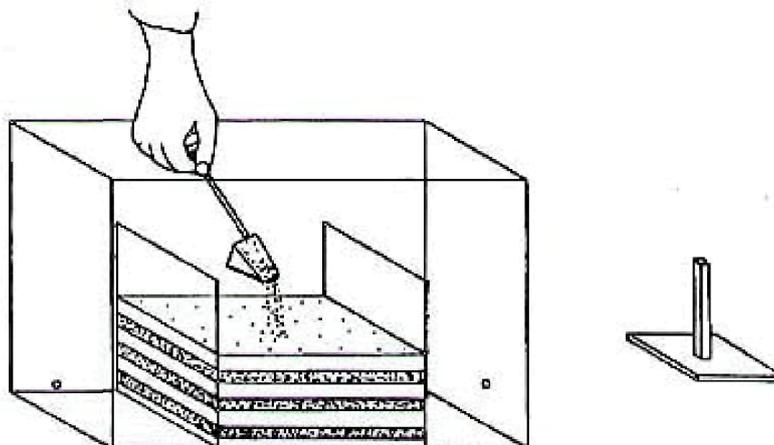
Die beiden Platten müssen sich leicht überlappen.



Weißer Sand



Roter Sand

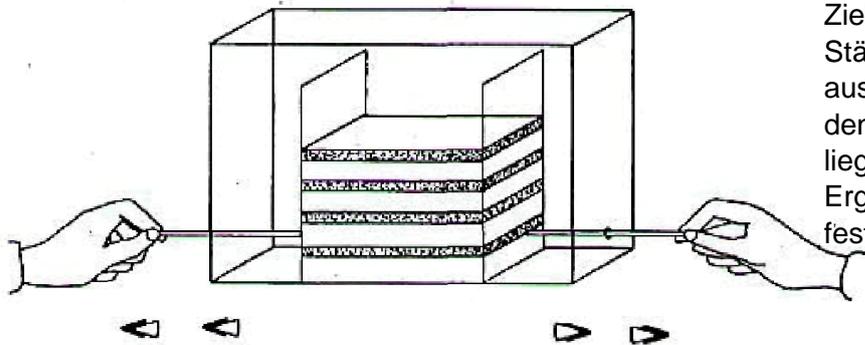


Verteilen Sie den Sand zwischen den beiden Platten. Jede Schicht muss gleichmäßig dick und ganz gerade sein. Es müssen mehrere feine Schichten sein: mindestens 6 Schichten mit einer Stärke von 1 cm.

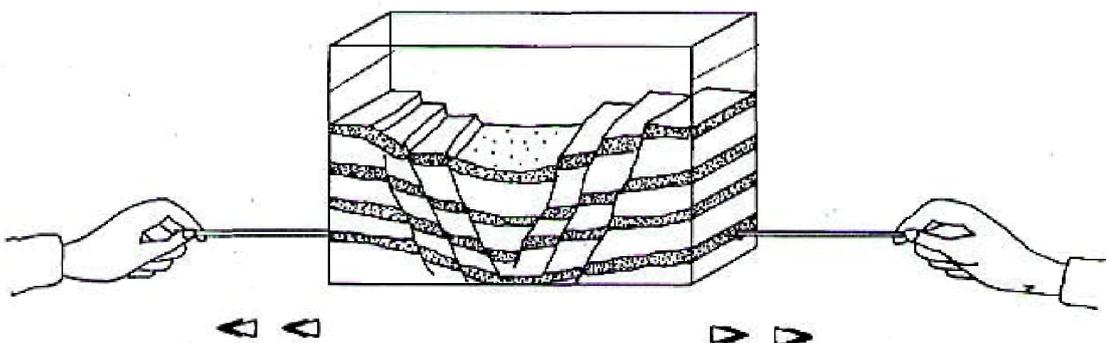
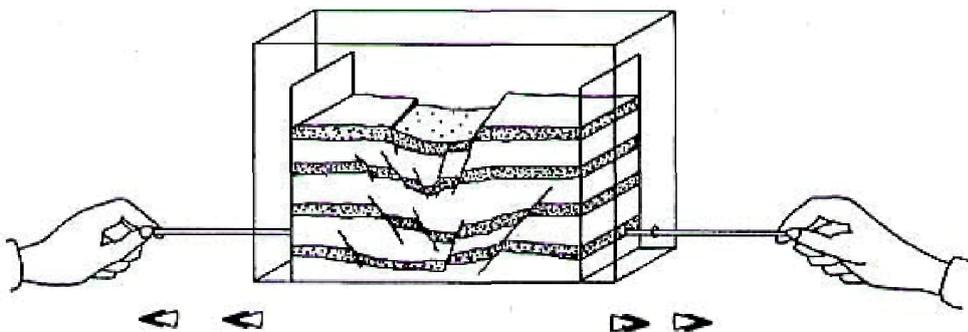
Man kann Kreise auf der Oberfläche der letzten Schicht markieren, um deren spätere Verformungen anschaulich darzustellen.

Zeichnen Sie das Muster der Sedimentschichten auf Pauspapier nach, um später Anhaltspunkte zu haben.

↪ **Verlauf der Dehnung**



Ziehen Sie leicht an beiden Stäben, um die Platten auseinanderzuziehen, auf denen die Schichten liegen. Halten Sie die Ergebnisse auf Pauspapier fest.



Auf der Oberfläche bildet sich in der Mitte nach und nach ein Tal mit sehr trockenem Sand; die treppenförmigen Abstufungen sind ein wenig verwischt, aber der Zusammenbruch wird im Querschnitt durch die Wand des Beckens deutlich.

Die eingestürzten Blöcke sind aufgrund der als normal zu bezeichnenden Verwerfungen geneigt.

Diese Verwerfungen sind offen und durch sie kann die Lava entlang der Hohlräume in den Spalten nach oben steigen und sich an der Oberfläche ergießen; so entstehen Vulkane.

Genauso geschieht dies in der Natur, vulkanische Erscheinungen gehen mit entstehenden Gräben einher.

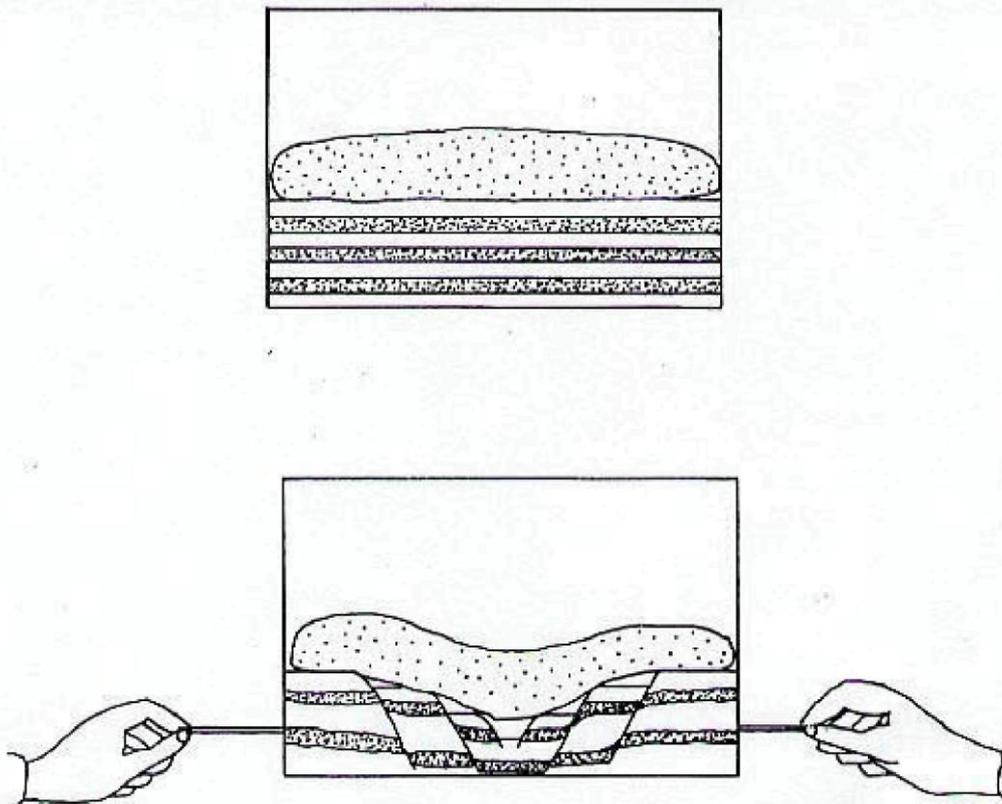
Diese normalen Verwerfungen entstehen durch die horizontalen Dehnungskräfte, und die Achse des Grabens steht senkrecht zur Zugbewegung.

ANMERKUNGEN

*Das Gebilde aus mehreren Schichten muss dicht und schwer sein.
Der Sand muss sehr trocken sein, um Zusammenbrüche entstehen zu lassen.*

Im umgekehrten Fall muss man eine lithostatische Last hinzufügen, die die Schwenkbewegung entlang der normalen Verwerfungen erleichtert. Man gt dazu eine Masse Sand in einen dünnen Kunststoffbeutel. Der Druck muss auf dem gesamten mehrschichtigen Gebilde gleichmäßig verteilt sein. Dabei umhüllt die Kunststofffolie den gesamten Sand.

Die Kunststofffolie kann mit der Bewegung verrutschen, man kann sie abheben, um zu sehen, wie sich der Zusammenbruch entwickelt hat.



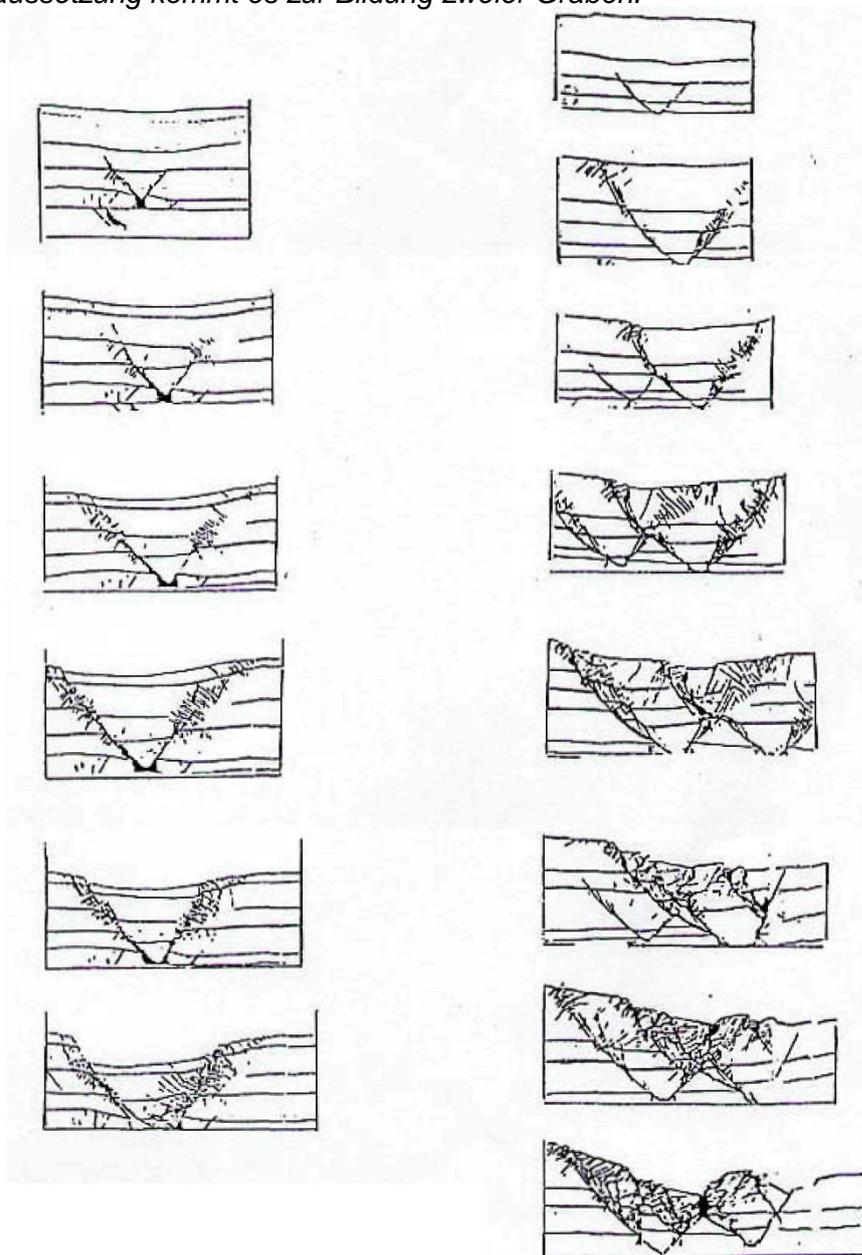
ANMERKUNGEN

Anhand der angefügten Pauspapierskizzen lässt sich die Entstehung eines Grabenbruchs nachvollziehen, und sie zeigen außerdem das komplexe Detail der Mikrorisse (erste Säule).

Die zweite Säule zeigt zwei entstehende Gräben, die durch einen Horst voneinander getrennt sind.

Um diese komplexere Ausformung zu erzielen, genügt es, einen Zwischenraum von 2 cm zwischen den beiden Platten zu lassen. Das Gebilde aus mehreren Schichten ruht somit zu Beginn auf den beiden Platten und auch direkt auf dem Boden des Beckens.

Unter dieser Voraussetzung kommt es zur Bildung zweier Gräben.



• **Experiment Nr. 4: Zuschütten des Grabens**

Anmerkung: Dieses Experiment ist im Anschluss an das Experiment Nr. 3 durchzuführen.

a) Betroffene Lehrpläne

(Siehe Seite 17)

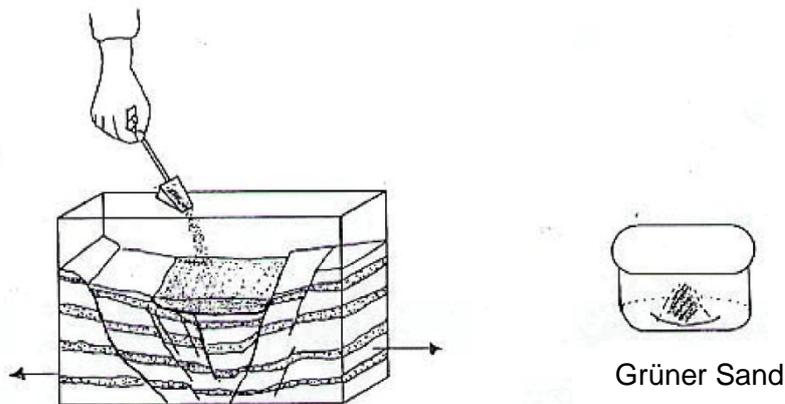
b) Funktionsprinzip

Man kann das Experiment zur Dehnung fortsetzen, indem man Sand zuführt und so den Grabenbuch allmählich zuschüttet.

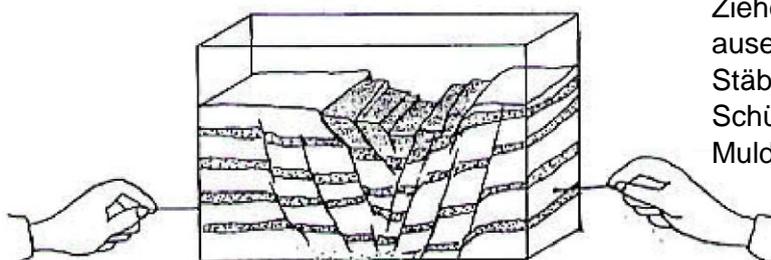
Das Gleiche passiert auch in der Natur, da jeder Hochraum eine „Falle“ für Meeres- und Kontinentalsedimente darstellt.

Man kann Beispiele für zugeschüttete Grabenbrüche suchen, wie z. B. den elsässischen Graben.

c) Versuchsprotokoll (im Anschluss an Experiment Nr. 3)



Schütten Sie den Graben in der Mitte mit farbigem Sand zu, wobei die Grabenränder sichtbar bleiben sollen. Zeichnen Sie die Struktur auf Pauspapier nach.



Ziehen Sie das Gebilde leicht auseinander, indem Sie an den Stäben ziehen.
Schütten Sie die neu entstandene Mulde zu usw.

Zeichnen Sie das endgültige Resultat auf Pauspapier nach.

Schülerarbeitsblatt:**Praktische Übung: Dehnung und Sedimentation****Vorgehensweise:****☞ Dehnung: Experiment Nr. 3:**

- Setzen Sie die beiden L-förmigen Platten für die Dehnung ein.
- Führen Sie die Sedimentablagerung durch (4 dunkle Schichten und 4 helle Schichten); die Sedimentablagerung muss dichter sein als bei der Kompression.
- Bringen Sie ein Pauspapier auf der Wand an und übertragen Sie darauf den ursprünglichen Zustand.
- Ziehen Sie zu Beginn der Dehnung die beiden Platten leicht auseinander.
- Zeichnen Sie den Zwischenstand auf Pauspapier nach.
- Setzen Sie die Dehnung fort.
- Fertigen Sie eine dritte Zeichnung auf Pauspapier an, die den Endzustand zeigt.
- Legen Sie die drei Pauspapiere auf ein großes Blatt, und beginnen Sie mit der Auswertung.

☞ Zuschütten des Grabens: Experiment Nr. 4 (im Anschluss an Nr. 3):

- Schütten Sie den Graben in der Mitte zu (zwei eingefärbte Schichten).
- Fertigen Sie eine Pauspapierzeichnung an.
- Setzen Sie die Dehnung fort und schütten Sie den Graben erneut zu.
- Zeichnen Sie den Endzustand auf Pauspapier nach.
- Fügen Sie die Pauspapiere den anderen für eine zusammenfassende Auswertung hinzu.

Schülerarbeitsblatt

Fragebogen für die 8. Klasse:

Dehnung und Sedimentation:

Die Schüler sollen die Verwerfungen zeichnen und versuchen zu verstehen, wie die Kräfte gewirkt haben, die zur Entstehung des Grabenbruchs führten.

- Welche Zonen sind stark verformt und welche sind nicht verformt?
- Messe die Stärke der Schichten über der gesamten Länge. Was stellst Du fest?
- Welcher Art von Kraft kann man die normalen Verwerfungen zuordnen?

Vervollständige den nachstehenden Text mit Hilfe der vorgeschlagenen, kursiv dargestellten Wörter:

Spreiz, verschieben, Bruch, horizontal, normal

Ein Graben..... entsteht aus dem Zusammenspiel einer großen Anzahl
..... Verwerfungen, die das Gelände stufenförmig Diese
Verformungen entsprechen den-bewegungen (Divergenz). Sie spiegeln die
..... Dehnungskräfte wider.

Vergleiche diese Verformungen mit den bei einer Kompression festgestellten.

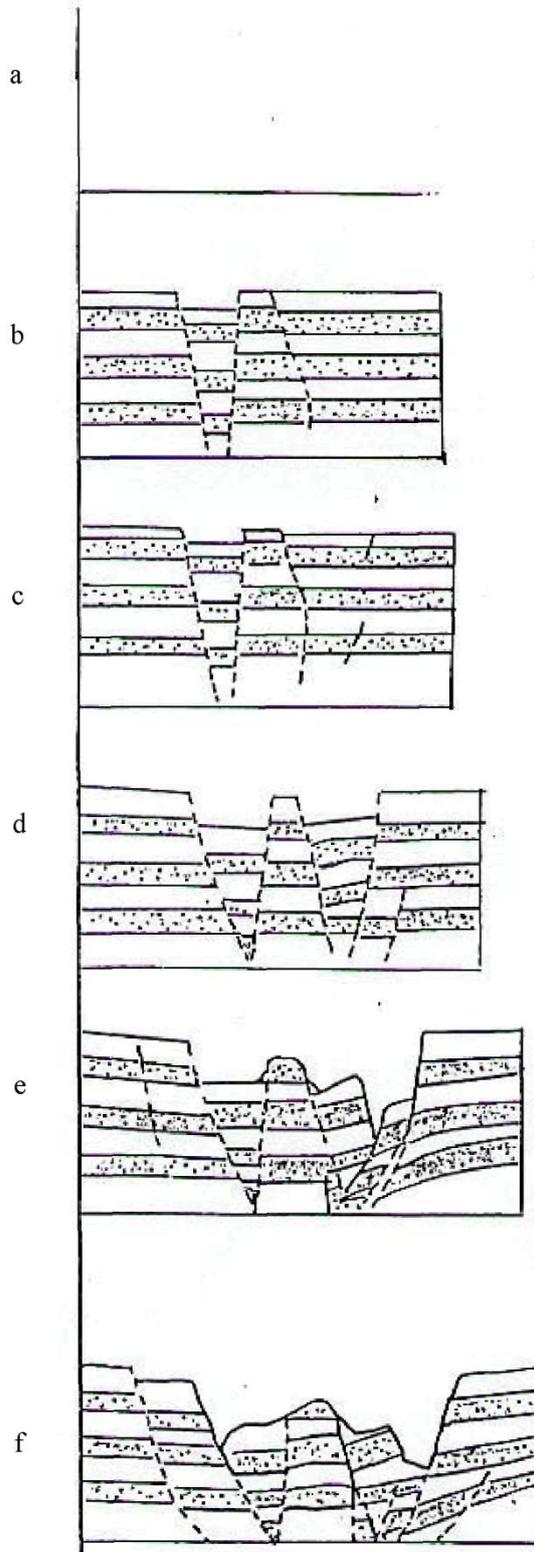
Schülerarbeitsblatt**Fragebogen für die 11. Klasse:*****Dehnung und Sedimentierung:***

- A. Das Auftreten signifikanter struktureller Elemente in einer Dehnungszone: Graben und normale Verwerfungen
- B. Untersuchung des Zuschüttens des Grabens
- C. Feststellung vulkanischer Erscheinungen in einer Dehnungszone
- D. Fortschreitende Ausdünnung und Trennung der beiden Kontinentalränder.

A. Das Auftreten signifikanter struktureller Elemente in einer Dehnungszone**Benutze Übungsblatt 2**

- a) Zeichne die horizontalen Sedimentschichten vor Beginn des Experiments in den freigelassenen Teil (Schemazeichnung a) ein: Gib die ursprüngliche Dicke und Länge an.
- b) Färbe die oberste Schicht auf allen Querschnitten (b bis g) blau ein. Gib auf allen Schemazeichnungen mit einem Pfeil die Richtungen der horizontalen Spreizung an.
- c) Färbe die Grabenbrüche, die normale Verwerfungen genannt werden und den Spreizbewegungen (Divergenz) entsprechen, rot ein.
- d),
- e) Gib mit Pfeilen die Richtung der relativen Verschiebung der Bereiche zu beiden Seiten einer Verwerfung an (auf den Schemazeichnungen d und e).
- f) Zwei Verwerfungen mit unterschiedlicher Neigung begrenzen einen Grabenbruch. Messe die Breite des Grabens im Zustand f und die festgestellte maximale Tiefe.

Übungsblatt 2

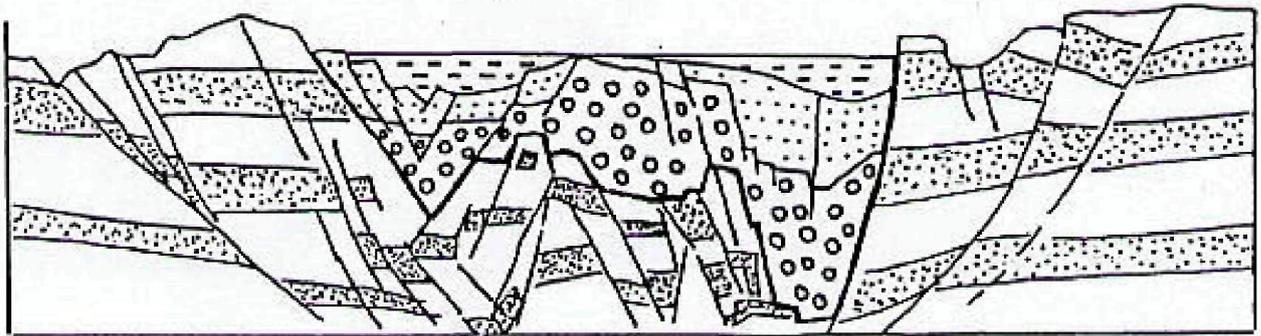


Dehnung

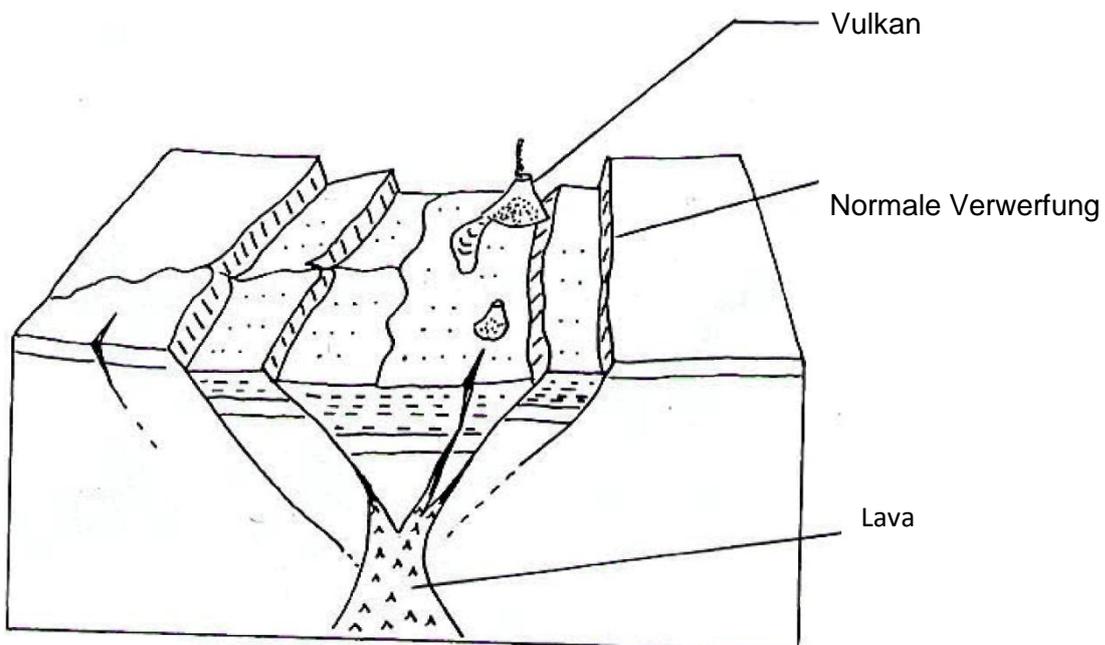
Übungsblatt 2 – Schemazeichnung g (Fortsetzung)

Zuschütten eines Grabens

Untiefe



Übungsblatt 3



Geothermische Strömung nach oben

**B. Untersuchung der Sedimentzuschüttung eines Grabens
Schemazeichnung g (nach Übungsblatt 2 1) (2-fache Vergrößerung)**

- Was passiert wieder?
- Kennst Du Beispiele für enge Meerarme, die in einen Grabenbruch vordringen?
- Woher kommen nach Übungsblatt 3 die Sedimente?
- Markiere auf der Schemazeichnung g die untere Grenze der Sedimentzuschüttung gelb.
- Messe die maximale Dicke der Grabensedimente und die minimale Dicke der Untiefe mit einem Lot.
- Trage auf der Zeichnung diese Untiefe ein, die einem „Horst“ entspricht, der von zwei Grabenbrüchen getrennt wird.
- Beobachte den Querschnitt genau und markiert die Verwerfungen orange, die während der Meeressedimentation aktiv sind, aber durch die letzte Ablagerung versiegelt sind. Erkläre warum.

C. Feststellung vulkanischer Erscheinungen in einer Dehnungszone

Übungsblatt 3 zeigt das Erscheinungsbild der Oberfläche eines Grabenbruchs.

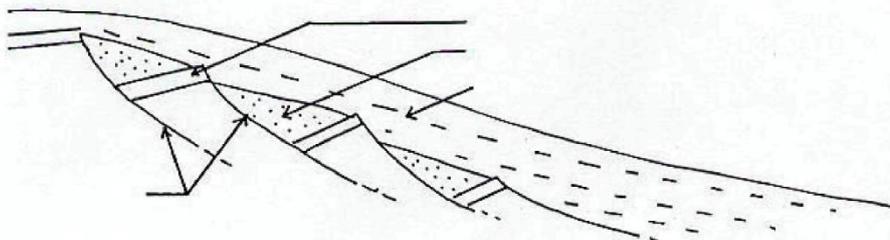
- Wie ist die Grabenachse in Bezug auf die Spreizrichtungen ausgerichtet?
- In den Sedimenten kann man Vulkangestein finden. Beschrifte das Dokument und erläutere den Standort der Vulkane (in weniger als 10 km Tiefe ist die Schmelztemperatur des Gesteins aufgrund des Anstiegs der Astenosphäre in dieser ausgedünnten Zone erreicht).
- Entlang der Verwerfungen gibt es gasförmige mineralische Wärmequellen, die man auf einen vulkanischen Ursprung zurückführt. Bitte erläutere dies.

Kennst Du Beispiele für Grabenbrüche, Vulkane, Thermalquellen?

D. Erneute Dehnung: Fortschreitende Ausdünnung und Trennung der beiden Ränder

Man kann die Dehnung erneut vornehmen und vom Stadium der Ausdehnung zum Stadium der Meeresenge gelangen.

Dazu zieht man die beiden L-förmigen Platten vollständig auseinander, bis sie die Beckenwände berühren. Wenn die Schichten nicht dicht genug sind, erkennt man nach fortschreitender Ausdünnung den Boden den Kunststoffbeckens (der den Meeresgrund darstellt). Die beiden passiven Ränder zu beiden Seiten bleiben übrig. Man kann eine Pauspapierzeichnung zum Endzustand anfertigen.



Diese Zeichnung stellt einen Querschnitt durch einen passiven Rand dar. Beschriftet die Zeichnung und erinnert Euch dabei daran, dass dies eine alte Zone ist, die erheblichen Ausdehnungskräften bei der Öffnung des Ozeans ausgesetzt war. Benenne die zeitgenössischen Sediment nach der Ausdehnung und die vor der Ausdehnung.

Lösungsschlüssel: Dehnung und Sedimentation

Zu A.

Die Schichten werden eine Spreizung und Ausdünnung erfahren; die Schichten haben also zu Anfang eine minimale Länge und eine maximale Dicke. Diese Verformungen entsprechen den Spreizbewegungen, die aufgrund der einwirkenden horizontalen Dehnungskräfte entstehen.

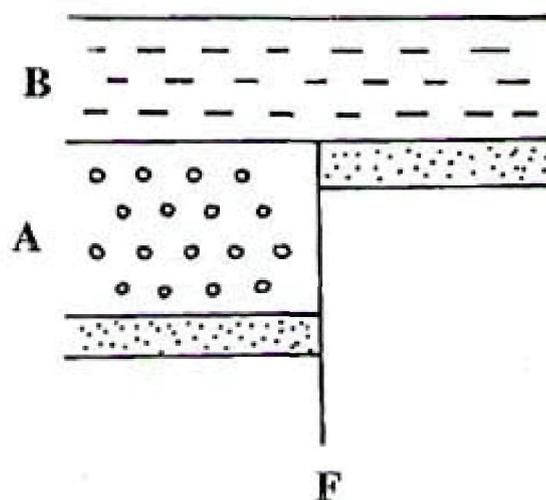
Ein Grabenbruch entsteht aus dem Zusammenspiel einer großen Anzahl normaler Verwerfungen, die das Gelände stufenförmig verschieben. Der Graben bildet sich ganz allmählich, wie wenn sich mehrere Klaviertasten absenken.

Zu B.

Der Grabenbruch kann vom Meer erobert werden (elsässischer Graben im Tertiär, 30 Millionen Jahre), und die Meeressedimente können die Mulde zuschütten (man spricht von einer Sedimentfalle).

Die Sedimente stammen von der Erosion der Grabenränder durch die Wasserströmung.

Eine Verwerfung entsteht bei der Sedimentation der A-Schichten; diese Schichten datieren aus einer früheren Zeit als die B-Schichten, die von der Verwerfung nicht betroffen sind.



Zu C.

Die Achse des Grabens steht senkrecht zur den Zugrichtungen.

Vulkane entstehen auf den Verwerfungen, die den Aufstieg der Lava ermöglicht haben.

Durch die Dehnung entstehen offene Spalten.

Der Rheingraben ist ein gutes Beispiel: Er verfügt über einen Vulkan, den Kaiserstuhl, sowie zahlreiche Quellen am Rand der Verwerfungen: Niederbronn, Baden-Baden.

Die großen Verwerfungen scheinen aufgrund der Migration der Thermalwässer ausgezeichnete Wärmestromleiter für die Tiefenwärme zu sein.

7. Konservierung der Modelle

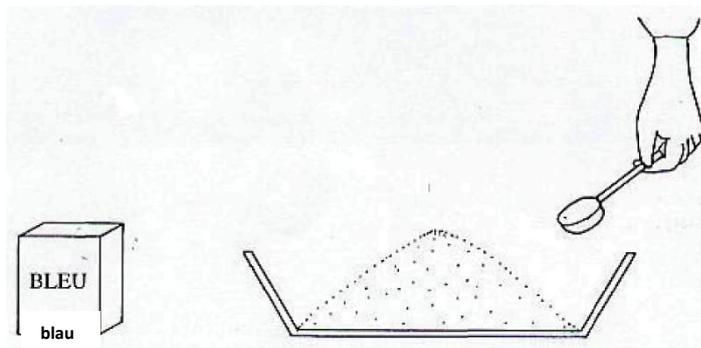
Wenn man das Modell zu Konservierung härten möchte, kann man dem Sand Zement hinzufügen (Mörtel).

Umständlich ist dabei, dass wir für den Umgang mit Zement eine Maske aufsetzen müssen, um uns vor den Stäuben zu schützen. Zum einen findet man auf dem so gehärteten Modell weiße Zementspuren (das Modell muss in Wasser abgerieben werden); zum anderen stört, dass sich das Zementmodell nicht leicht zersägen lässt.

Um Nachteile zu vermeiden, wird empfohlen, Gips zu verwenden, der weniger Umstände bei der Handhabung macht und der leicht mit einer handelsüblichen Säge zersägt werden kann, wenn er noch feucht ist.

Außerdem führen sein feines Pulver und seine weiße Farbe zu sehr genauen Strukturen.

7.1 Einfärben des Gipses

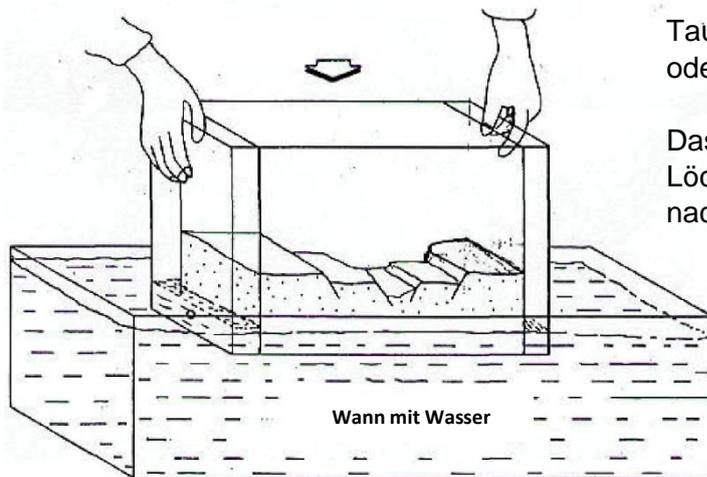


Verwenden Sie blaue, grüne, rote oder schwarze Farbstoffe für Gips.

Mischen Sie 4 Löffel unter 1 kg Gips.

Erschaffen Sie ein mehrschichtiges Gebilde aus Gips verschiedener Farben, dann erstellen Sie ein analoges Modell für die Dehnung oder Kompression, wobei Sie sich an die Vorgaben für Sand halten.

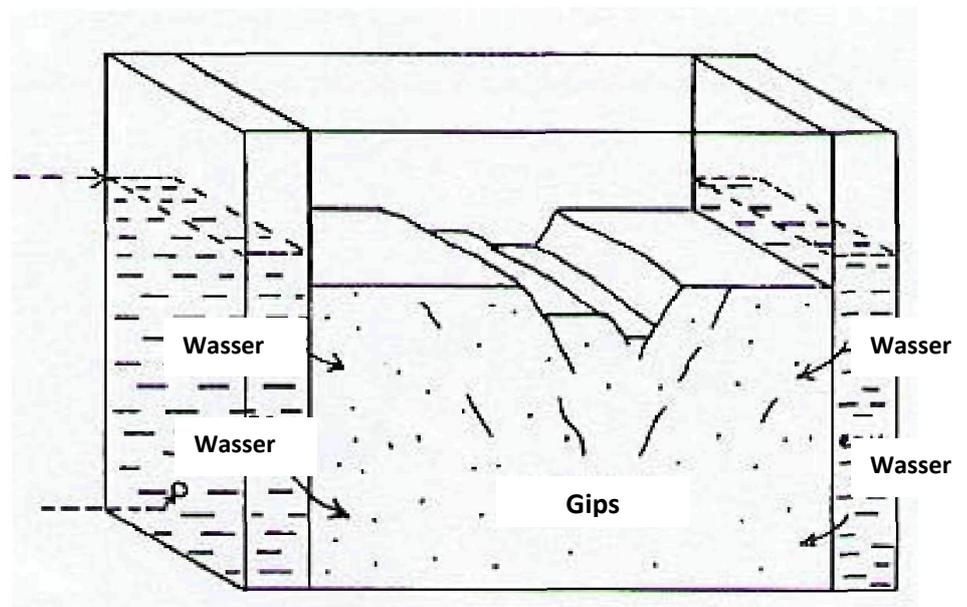
7.2 Durchfeuchtung des Gipsmodells



Tauchen Sie das Modell in eine Wanne oder in ein Spülbecken.

Das Wasser dringt von unten durch die Löcher in den Gips ein, wodurch die Luft nach oben entweicht.

Wasserspiegel



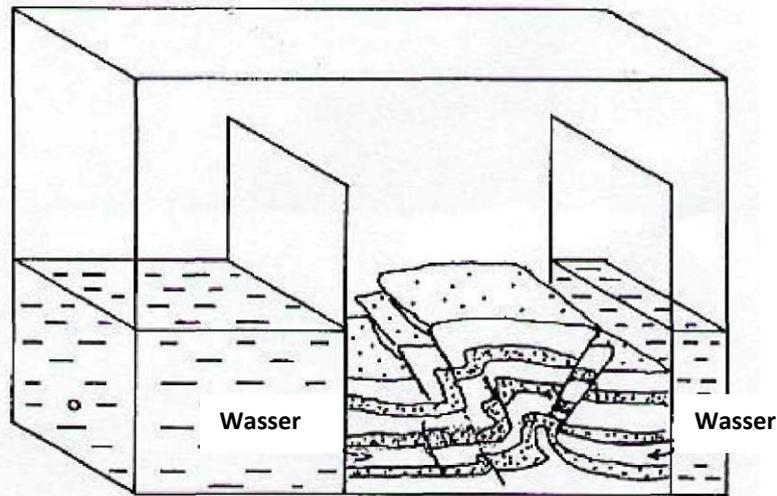
Wassereintritt

Lassen Sie den Wasserspiegel allmählich ansteigen; so verhindern Sie die Erosion der Oberfläche durch eine Überschwemmung.

Die beiden Platten des Dehnungsmodells ermöglichen auf beiden Seiten ein leichtes Eindringen des Wassers in den Gips.

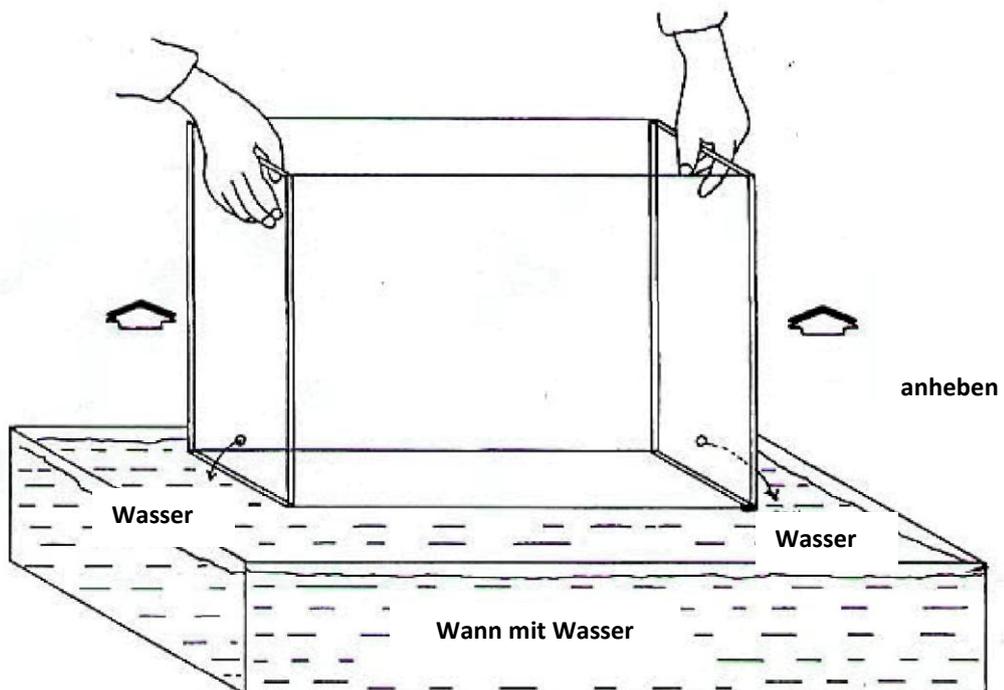
ANMERKUNG

Für die Durchfeuchtung eines Kompressionsmodells wird die Verwendung eines zweiten Brettchens empfohlen. Sie sollten auf jeden Fall vermeiden, dass der Gips in direkten

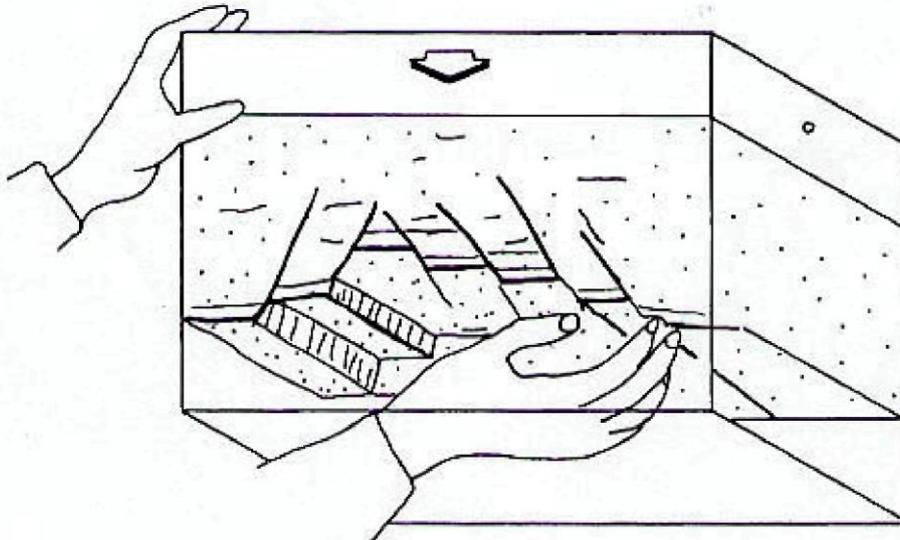


Kontakt mit der Beckenwand kommt, dadurch würde sich die Durchfeuchtungszeit verlängern.

7.3 Trocknung - Entformung



20 Minuten reichen, um den Gips vollständig zu durchfeuchten, wenn das Wasser gut eindringen kann. Leeren Sie dann das Wasser aus der Wanne aus, und lassen Sie den Gips durch Trocknung härten (ca. 2 Stunden).



Einmal gehärtet, kann das Modell leicht mit Hilfe der Schwerkraft aus dem Kunststoffbehälter herausgenommen werden (dazu muss man den Behälter nur umdrehen).

7.4 Zerlegen des Modells

Der Gips lässt sich leicht in parallele Scheiben zersägen. Schließen Sie den Sägevorgang ganz sachte ab, indem Sie die beiden Stücke mit der linken Hand abstützen. Feuchten Sie die Säge von Zeit zu Zeit an, wenn sie steckenbleibt.

