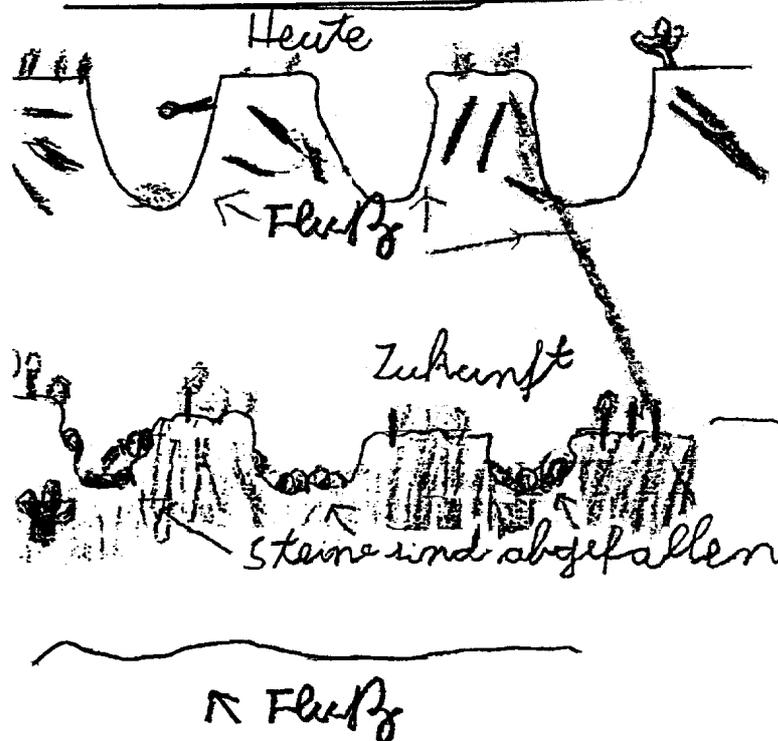


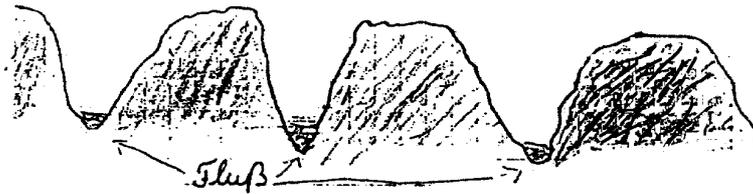
Das Werden und Vergehen der Berge



manchen Schülern mit Staub oder Sand, bei anderen mit Wasser bedeckt ist.

Es folgen Berichte über das Ergebnis der Arbeit: „An der Seite des Tals bröckelt etwas weg.“ „Die Ränder werden seitlich ausgehöhlt und brechen dann ab.“ „Das Wasser frißt sich so weit in die Berge hinein, daß sie zusammenbrechen.“ „Die Berge werden durch den Regen abgerundet und niedriger.“ „Die Täler werden breiter und tiefer.“ „Die Berge zwischen den Tälern werden immer kleiner, so daß ein großer See entsteht.“

Ich verändere währenddessen die Tafelskizze entsprechend. Die jeweils der Erosion zum Opfer gefallenen Teile werden weiß eingefärbt. Zurück bleibt eine leicht wellige Ebene.



Die Flüsse haben sich von beiden Seiten in die Felsen gefressen. Ein Felsen ist heruntergebrochen, weil der untere Teil dem oberen nicht mehr halten konnte.



Alle Berge sind heruntergebrochen, das Wasser hat die restlichen Trümmer abgerundet.

Auf meine provokative Frage „Glaubt Ihr tatsächlich, daß die ganze Erde einmal so aussehen wird?“ erwidern die Schüler: „Wahrscheinlich schon, aber erst nach sehr langer Zeit“ (Mehrere Äußerungen in diesem Sinne). Ich pointiere „Wie steht es mit dem Taunus und den Alpen?“ Schüler: „Vielleicht gibt es im Taunus nicht so viele Bäche ...“. Dieser Überlegung, die dem Taunus noch eine Überle-

benschance einräumt, wird jedoch sogleich widersprochen: Man habe bei Ausflügen im Taunus auch genug und große Bäche gesehen. Es wird ergänzt: Der Taunus sei ja im Vergleich zu den Alpen schon ziemlich rund, dies käme, weil er älter sei, habe man in der Grundschule gelernt. Mitten in diesem Gedankengang wirft ein Schüler - ganz nach Wagenscheins Prognose - ein: Nie werde die Erde eine glatte Kugel sein, denn es gäbe ja noch die Vulkane... - allgemeine Zustimmung.

Vulkanismus: Diese nun tatsächlich von den Schülern aufgegriffene Thematik war in meiner Vorbereitung zu diesem Zeitpunkt noch nicht konzeptionell ausgereift. In der 2. Stunde der Einheit stellte ich eine Vulkantypologie (ungefährliche, weil effusive Schildvulkane wie in Hawaii, gefährliche, weil explosive Schichtvulkane wie in Indonesien) auf. Eine Schülerin berichtete, mit Dias illustriert, von eigenen Vulkanerlebnissen in Italien. Es wurde eine für die Schüler interessante Stunde, bei der sie auch einiges gelernt haben. Sie war jedoch wenig geeignet, Impulse im Sinne der von Wagenschein vorgestellten Dramaturgie zu geben. Das Thema Vulkanismus muß in diesem Zusammenhang die schon aufgekeimte Frage weiterführen: „Genügt der Vulkanismus, um die Einebnung der Erde zu verhindern?“, oder: „Können Gebirge wie Alpen und Taunus durch Vulkanismus entstanden sein?“ und weiter: „Besitzen sie der Abtragung entgegenwirkende Kräfte, oder werden sie bald verschwunden sein?“

Gesteinskunde: Eine gesteinskundliche Stadtexkursion: An die Frage „Sind alle Berge Vulkane?“ muß sich bei einem phänographischen Verfahren eine weitere Frage anschließen: „Wie können wir das mit eigenen Mitteln am sichersten herausfinden?“ So lautet daher die Einleitung zur nächsten Stunde.

Man könnte bei den Bergen nachprüfen, ob sie noch heiß seien, ob irgendwo noch Rauch oder Lava austritt, man müßte nach Kratern suchen, wurde vorgeschlagen. Dies würde aber nur bei jungen Vulkanen funktionieren, gab Julia zu bedenken; gut wäre es, wenn man erkennen könne, ob es vulkanische Steine sind.

Dies war mein Stichwort: Mit wenigen gesteinskundlichen Kenntnissen sähe man den meisten Steinen ihre Entstehung an, und, um diese Kenntnisse zu erlangen, so kündigte ich an, sei eine gesteinskundliche Stadtexkursion geplant (vgl.oben). Zur Vorbereitung der Stadtexkursion bitte ich die Schüler, sich in Partnerarbeit mit der Frage

‘Welche Möglichkeiten der Gesteinsentstehung könnt Ihr euch vorstellen?’ zu beschäftigen. In der Sammlungsphase kommt zu Tage, daß man sich zum ersten Mal darüber klar wurde, daß etwas so Statisches wie Steine überhaupt etwas Gewordenes sind. Aus erkalteter Lava können Steine werden oder aus zusammengebackenem Sand und Schlamm, heißt es schließlich.

Vierte Stunde der Einheit: Nun ist es so weit: Vier Gruppen, mit einer Wegbeschreibung ausgerüstet, machen sich auf den Weg. Jeder einzelne hat einen Beobachtungsbogen zur Beschreibung der Gesteine. Auf ihm habe ich die in der letzten Stunde besprochenen Kriterien (Körnung, Kristalle, Schichtung, Fossilien etc.) nach Themen geordnet und zu einem Bestimmungsschlüssel zusammengefaßt. Ich schließe mich zunächst der Gruppe 3 an. An ihrem ersten Standort finden die Schüler große, grob behauene Sandsteinquader mit deutlicher Schichtung. Die Beschreibung wird sogleich mit großem Eifer angegangen. Es macht ihnen Spaß zu sehen, daß man die Steine mit den zuvor selbst erschlossenen Kriterien regelrecht befragen kann. Zwei etwas Langsamere werden von den anderen Gruppenmitgliedern eingewiesen. Die Oberflächenbeschaffenheit des Gesteins läßt sich schnell durch ein Darüberstreichen überprüfen, die nächste Frage beantwortet sich dabei selbst: Ja, es bleiben kleine Körner an den Fingern haften. Sind diese abgerundet oder eckig? Da muß man schon sehr genau hinschauen. Sehr aufmerksames Beobachten ist auch bei der nächsten Station wichtig: Einzelne Bestandteile sind ohne Frage sichtbar; aber stoßen ihre Kanten direkt aneinander, oder ‘schwimmen’ die Teile in einer einheitlichen Masse? Nur wer dies klar beschrieben hat, wird die Probe später als Tiefengestein identifizieren können.

Eine andere Gruppe hat gerade mit der Analyse einer edel wirkenden Kalkfassade eines Schmuckgeschäftes begonnen. Man erwägt, den Juwelier zu befragen, der ja eigentlich etwas von Steinen verstehen müsse. Die verschlossene Ladentür und das Schild, welches die Kunden um Anmeldung durch Klingelzeichen bittet, stellt auch für die ansonsten wenig schüchternen Schüler eine deutliche Hemmschwelle dar. Doch schließlich getraut man sich, und der Juwelier läßt eine dreiköpfige Delegation eintreten. Enttäuscht über die dürftigen Auskünfte des vermeintlichen Fachmannes macht sich die Gruppe wieder an die Arbeit und wird dann durch die Entdeckung deutlich erkennbarer Versteinerungen belohnt.

Unvollständig ausgefüllte Blätter bei anderen Gruppen zeigen, daß die Handhabung des Fragebogens nicht überall so problemlos verliefen war. Inzwischen gehen die Untersuchungen jedoch überall routiniert voran. Das Engagement hat nun alle Gruppen ergriffen. Glücklicherweise ist die Klassenlehrerin, die gerade vorbeikommt, um nach dem Rechten zu schauen, bereit, einen Teil der nachfolgenden Stunde im Sinne der geweckten Forschertätigkeit umzuwidmen. Wie ich später erfuhr, waren einige Schüler nachmittags noch einmal ausgerückt, um die letzten Beschreibungen zu vervollständigen.

Exkursionsauswertung: Ordnung in der Vielfalt finden: Die nun folgende Auswertungsstunde war unter methodischen Gesichtspunkten so eintönig konzipiert, daß der Fachleiter ihr nach Lektüre des Entwurfes mit größter Skepsis entgegensah. Ganz im Kontrast dazu war die lebhafteste Teilnahme der Fünftkläßler, die ihre Forschungsergebnisse präsentieren, und genau über deren Verwendungsmöglichkeit Bescheid wissen wollte. Was selten geschieht, trat hier ein. Die Pausenklingel löste den Ausruf „Schade“ aus.

Ich beginne die Stunde, indem ich an die Bedeutung der Gesteinsfrage im Rahmen des Gesamtvorhabens erinnere. Doch Lisa unterbricht meine Einleitung und führt diese selbst zu Ende. Sie berichtet, daß wir über Vulkane gesprochen haben und daß wir jetzt feststellen wollen, wie man Vulkangesteine und andere Gesteine an ihrem Aussehen erkennt. Einfacher hätte ich es auch nicht gekonnt.

In der Pause hatte ich ein Raster mit der Überschrift ‘Gesteinsfamilien’ an die Tafel gezeichnet, um die Ergebnisse für alle sichtbar zu strukturieren. Es besteht nur aus drei Spalten und fünf Zeilen. Die Zeilen haben die Themen: 1) ‘Eigenschaften und Aussehen der Gesteine’, 2) ‘Entstehung der Gesteine’, 3) ‘Beispiele aus der Gesteinsfamilie’ und 4) ‘weitere Namen der Gesteine’. Die oberste Zeile ist für die Namen der Gesteinsfamilien vorgesehen und bleibt zunächst leer.

Die Gruppe 5, die an ihrem ersten Standort große Sandsteinquader vorfand, beginnt mit der Beschreibung. Die anderen Gruppen haben eine Probe desselben Gesteins in die Hand bekommen. „Das Gestein ist rau und kantig; wenn man reibt, fallen Sandkörner ab. Wir konnten keine Streifen sehen.“ Eine andere Gruppe widerspricht; es seien sehr wohl Streifen zu erkennen. Ich hatte das selbst nicht bemerkt, aber die Schüler hatten eindeutig Recht. Eine weitere Gruppe mischte

sich ein und erinnerte sich, an ihrem Fundort ein ähnliches Gestein, ebenfalls mit Streifen, gesehen zu haben. „Die Streifen sehen wie Schichten aus“, wurde von anderer Seite ergänzt. Ich schreibe die Beobachtungsergebnisse in eine der Spalten. Nun sollen die Schüler erste Vermutungen über die Entstehung äußern. „Es sieht aus, als hätte sich irgend etwas abgelagert ... wegen der Schichten“, „Das war wahrscheinlich mal ganz normaler Sand.“ Ich bestätige und erkläre, daß man anstatt ‘ablagern’ auch ‘absetzen’ sagen kann (in der Kaffeemaschine setzt sich Kalk ab). Über die Spalte schreibe ich den Namen der Gesteinsfamilie ‘Absatzgesteine’ (oder, vom Lateinischen: Sedimentgesteine).

So geht es nacheinander mit den anderen Fundorten. Hier noch einige Beispiele: Fundstelle Nr. 10 (Kalk eines Fenstersimses): „Wir haben Fossilien gefunden.“ Die anderen Gruppen bestätigen dies für ihre Handstücke. Selbständig beginnen die Schüler die Entstehungsfrage zu erörtern. Eva beschreibt das Absinken der Tiere im Meer, Dominique versucht den Vorgang des Versteinerns zu erklären. Frank ergänzt, daß sich da wohl in jedem Fall etwas am Grund absetze, es sich also wie beim Sandstein um ein Ablagerungsgestein handeln müsse. Ich schreibe den Kalk mit seinen Eigenschaften als zweites Beispiel unter die Familie ‚Absatzgesteine‘: Fundstelle Nr. 8 (Basalt, Basalttuff): „Das Gestein ist schwarz und löchrig wie ein Schwamm. Es gibt keine Fossilien.“ Pia zur Entstehungsfrage: „Vermutlich erstarrte Lava.“ Dies ist nicht weit von der Realität. Ich schreibe über die Spalte, in der ich die Beobachtungsergebnisse eingetragen habe ‚Erstarrungsgesteine‘: Fundstelle Nr. 4 (Granit): „Körner sind gut sichtbar.“ „Die Körner sind wie Kristalle.“ „Wie Diamanten oder Bergkristalle“ „Die Kanten stoßen direkt aneinander.“ „Das Gestein sieht ganz anders aus als Absatzgestein oder Erstarrungsgestein.“ Erste Ansätze zur Frage der Gesteinsentstehung: „Sind die Kristalle gewachsen?“ Weiter können die Schüler hier nicht kommen und ich gebe folgenden Impuls: „Vielleicht habt Ihr zu Hause mal folgendes ausprobiert: Ein Glas mit Salzwasser (ich zeichne die Versuchsanordnung an die Tafel) darüber ein Stab, von dem ein Faden in die Lösung hineinhängt. Was passiert nach einiger Zeit?“ Julia „Da wachsen Kristalle dran.“ „Und wenn man mehrere Fäden nebeneinander hängt?“ Es werden verschiedene Vermutungen geäußert und Pia möchte ihre Vorstellung an der Tafel skizzieren. Sie zeichnet Fäden mit dicken Kristallklumpen, die netzförmig ineinander verwachsen. (Sträflich war es an dieser Stelle, die Schüler nicht einige

Tage vorher gebeten zu haben, eben diesen Versuch tatsächlich anzusetzen). Ich frage, ob das jemandem bekannt vorkäme. Katharina und Nora halten ihre Granitbrocken hoch. „Wir sind der Entstehung dieses Gesteins schon sehr nahe“; bemerke ich und gebe eine Information. „Nur in Gesteinen, die langsam vom flüssigen in den festen Zustand übergehen, können sich Kristalle bilden, da diese viel Zeit zum Wachsen brauchen.“ Die anschließende Frage erkläre ich zur Preisfrage. „Wie kann es sein, daß ein flüssiges Gestein einmal schnell und einmal langsam erstarrt?“ Jule vermutet: „Wenn das eine schnell wie Lava an der Oberfläche erstarrt, bleibt das andere vielleicht tief unten und kühlt langsamer aus.“ Zweite Preisfrage: „Wie heißt das Gestein?“ „Tief-gestein“ meint Paul. Als zweite Untergruppe der Erstarrungsgesteine erscheint nun neben den Ergußgesteinen die Überschrift ‘Tiefengesteine’.

Für die Umwandlungsgesteine mit den Vertretern Gneis und Schiefer fehlt leider die Zeit. Sie mußten im Schnellverfahren am Beginn der folgenden Stunde (sechste der Einheit) in die Tabelle eingetragen werden.

Herstellung einer einfachen geologischen Karte: Die Frage nach der Entstehung der Gesteine ist letzten Endes die Frage nach der Entstehung der Gebirge, aus denen sie stammen. Bleiben wir zunächst in der Umgebung der Stadt Frankfurt. Woher kommen die Gesteine? Einfach ist es beim Basalt. Er kommt, als vulkanisches Gestein, aus dem Vogelsberggebiet. Etwas schwieriger ist es im Fall des Sandsteins: Nach einigem Überlegen können sich mehrere daran erinnern, Sandstein-Brüche im Spessart gesehen zu haben. Der Schiefer kommt, wie es der Name schon sagt, aus dem Rheinischen Schiefergebirge. Die nächsten Granit- und Gneisvorkommen, das muß ich ergänzen, gibt es erst im Odenwald. Wie bekommt man nun ein übersichtliches Bild der Gesteinsverteilung? Indem man eine einfache geologische Karte zeichnet!

Man könnte das Verfahren auch abkürzen, indem man sich die geologische Karte des Schulatlasses anschaut. Wichtig erscheint mir hierbei, daß man nicht unversehens von der unmittelbaren Anschauung der Gesteine und Gebirge in die hohe Abstraktionsebene der durch Farben dargestellten Gesteine springt. Die Abstraktion selbst vorzunehmen ist etwas ganz anderes, als Hochabstraktes vorgesetzt zu bekommen. Man abstrahiert, weil es im konkreten Zusammenhang die bequemste Möglichkeit ist, sich das selbst Herausgefundene zu

vergegenwärtigen. Mit welchen Farben könnte man die Gesteinsfamilien darstellen? Für die Absatzgesteine liegt das Blau nahe, weil sie meist im Meer entstanden sind. Zu den Ergußgesteinen paßt natürlich feuerrot. Ein etwas blasserer rot oder rosa ist für die Tiefengesteine gut. Mit den Umwandlungsgesteinen verbindet sich keine bestimmte Assoziation. Sie werden braun dargestellt. Bei dieser Gelegenheit wird nebenbei deutlich, was eine Kartenlegende ist und wozu man sie braucht. Der Rest ist Hausaufgabe: „Zeichnet die Umrisse der genannten Gebirge von eurem Atlas ab und füllt sie mit der passenden Farbe aus. Denkt auch an die Legende.“ Leider vergessen wurde der Zusatz: „Tragt zur besseren Orientierung die Landesgrenzen und einige wichtige Städte und Flüsse ein!“

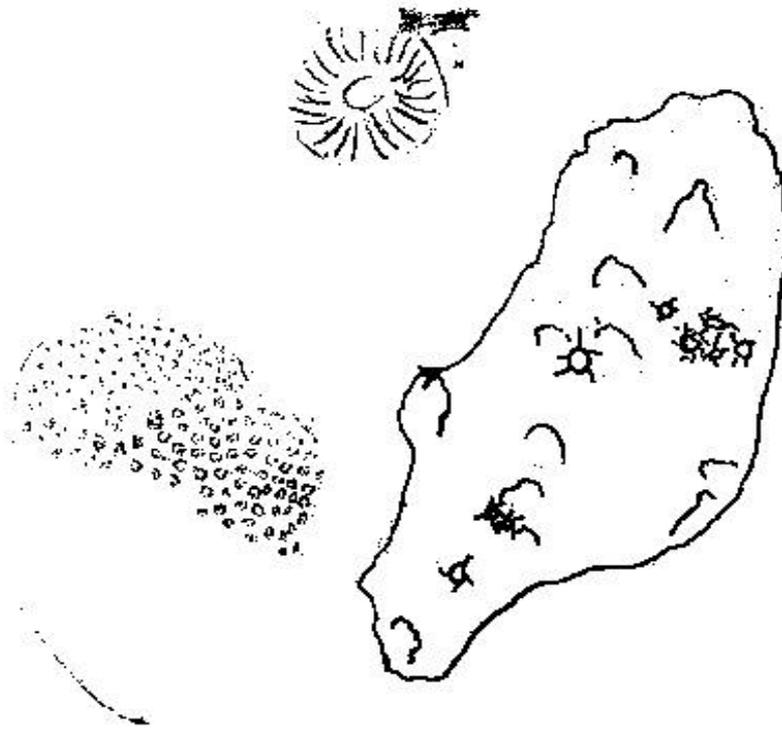
Korallen in den Bergen: Die siebte Stunde der Einheit begann mit einem stadtgeschichtlichen Exkurs, bei dem die Beziehung zwischen Alter der Bausubstanz und Herkunft der Gesteine erörtert und die Verwendung ortsuntypischer Materialien heftig diskutiert wurde. Nun stand die Besprechung der Hausaufgabe an. Da sehr sorgfältig gezeichnet, wollte jeder gerne seine kartographische Arbeit präsentieren. Die Karten zeigten folgendes:

In der Umgebung von Frankfurt sind die wenigsten Gebirge vulkanischen Ursprungs. Wie steht es mit den Alpen? Nun war ein neugieriger Blick in die geologische Atlaskarte erlaubt; das Lesen derselben bereitete kaum Schwierigkeiten, da man die Darstellungsweise ja schon durch das eigene Vorgehen kannte. Der geologische Aufbau von Mitteleuropa mit Alpen bestärkte den schon gewonnenen Eindruck: Vulkanisches Material ist eher selten.

Für die anschließende Phase hatte ich im Bemühen um sachliche Vollständigkeit ein zu systematisches und dadurch ermüdendes Vorgehen gewählt, statt gleich auf den Punkt zu kommen. Um den Leser nicht durch dieselbe Mühle zu drehen, wie damals die Schüler, hier nur eine Skizze. Von jeder der Gesteinsfamilien verteilte ich in den Alpen aufgelesene Proben, dazu jeweils ein Bild der Fundstelle. Der nichtvulkanische Ursprung der Alpen sollte dadurch noch einmal authentisch belegt werden. Darauf konnten die Schüler allem Anschein nach verzichten und führten mich auf den kürzeren, interessanteren Weg, den ich in erster Intuition schon in Goldern gewählt hatte:

Leben in den zähen Fortgang der Stunde bringt erst wieder Kathrins Entdeckung einer feinen Zeichnungen auf einem der Kalksteine. Ich

bin geistesgegenwärtig genug, um die anderen Gesteinsproben wegzupacken und dafür die für einen späteren Zeitpunkt gedachte rezente Karibik-Koralle hervorzuholen. Um die Koralle und um die interessante Kalkprobe bilden sich nun zwei Gruppen. Ich bitte die Gruppen, unabhängig voneinander, ihre Beobachtungen zu beschreiben, während ich zwei entsprechende Skizzen an die Tafel zeichne. Beide Male entstehen wagenradähnliche Gebilde, Kreise mit Speichen. Nun werden die Ergebnisse verglichen. Torsten: „Das Zweite (die Koralle) sieht aus wie kleine Sterne oder Räder, eigentlich wie die großen Sterne auf dem Stein.“ Nora: „Es sieht beides ein bißchen wie Muscheln oder Korallen aus.“ Eva: „Aber das kann nicht sein, daß Korallen im Stein sind.“ Andere Schüler: „Aber wir haben doch schon gesagt, daß es Fossilien sind.“ Ich bestätige die Vermutungen und kündigt nun Bilder der Fundstellen an.



Schülerskizze Korallen

Zuerst erscheint das Bild eines Karibikstrandes. Weißer Korallensand, von Kokospalmen beschattet, geht in die türkisblaue Lagune über, hinter dem Gischtreifen der steilen Riffkante tiefblaues Wasser und der Horizont. Auf einem weiteren, bei Ebbe aufgenommenem Bild, ragen die Kalkgerüste der Korallen aus dem Flachwasser. Es folgt ein kurzes Gespräch über Lebensweise und Wachstum der Korallen (hier wäre eine Detailaufnahme eines Korallenpolypen hilfreich gewesen).



Darauf: Schroffe Kalkgipfel der französischen Alpen, Schichtkämme und im Vordergrund das Kalkgestein, in dem ich die Probe fand. Einige Schüler glauben nicht, daß ich den Stein dort gefunden habe. Ich stelle dies zur Diskussion. Lisa meint, ich könnte vielleicht doch die Wahrheit gesagt haben, falls die Korallen auch in Bergseen

wüchsen. Bergseen seien erstens zu kalt und zweitens nicht Salzwasser, wird widersprochen. „Brauchen die unbedingt Salzwasser?“-fragt ein Skeptiker. Dann ein anderer Gedankengang: „Sind sie vielleicht wie Kristalle im Berg gewachsen?“ „Nein,“ korrigiert Thomas mit Kennermine, „Das sind doch Tiere, die können nicht im Stein wachsen.“

Anschließend beginnt er, die Kontinentalverschiebung und deren Folgen für Gebirgsbildung zu erläutern. Ich hatte schon damit gerechnet, daß Frank oder Thomas die Theorie anführen würden und war froh, daß dies erst jetzt geschieht. Da sich die viel zu kurze Stunde dem Ende neigt, kann ich nur noch auf das phänographische Prinzip dieses Lehrgangs verweisen: Es gelten hier nur solche Argumente, die man an Beispielen belegen, und so erklären könne, daß sie alle der Anwesenden akzeptieren.

Was bestimmt die Höhe der Gebirge?: Kann die in der vorangegangenen Stunde begonnene Korallen-Diskussion Licht in unsere zentrale Frage bringen? Die Alpen eine Abtragunginsel? Bevor wir die Diskussion in dieser achten und letzten Stunde weiterführen, eine Bilderserie, die Wagenscheins Provokation der Katastrophentheorie umzusetzen versucht.

„Schichten sind da, meist Meeresablagerungen, waagerechte aber auch gekippte, ja hochgestellte und überkippte und sogar gefaltete. Schließlich noch: Brüche, Verwerfungen und oft alles ineinander gemischt...“

Bild 1: Stark verfaltete, wechsellagernde Ton und- Kalkschichten im Dezimeterbereich: Harry weist auf ein Haus im Vordergrund hin und staunt, wie dick die einzelnen Schichten sind. Anderen fällt auf, daß die Schichten aus weiteren kleineren zusammengesetzt sind und daß sie wie zusammengedrückt oder geknautscht aussehen.

Bild 2: Alpine Schichtkammlandschaft am Gardasee: Aus dem Gemurmel im Klassenraum hört man die Verwunderung über die kreuz und quer liegenden Felsmassen, die das im Tal liegende Dorf wie eine Miniatur erscheinen lassen.

Bild 3: Großmaßstäbige Faltung in einem Kalkmassiv bei Gstaad: Ich gebe den Impuls, nach buchstabenähnlichen Formen zu suchen. Die Schüler greifen die Idee mit Begeisterung auf und finden gleich ein kilometergroßes S in der Landschaft. Daneben noch kleinere S's ein recht großes N und auch ein P.

Es wird wieder hell im Klassenraum, und ohne mein weiteres Zutun beginnt eine Diskussion über die Entstehungsfrage. Lenas Mutter habe gemeint, die Alpen seien durch Zusammenschiebung entstanden. Einige Schüler bemerken dazu, daß sie sich dies angesichts der Bilder gut vorstellen könnten. Julia hatte inzwischen erfahren, daß sich der Himalaya auch heute noch hebt. Darauf folgert Lisa haarscharf: Dann müßte ja der Himalaya das älteste Gebirge sein da es am meisten Zeit zum Wachsen brauchte. Eva widerspricht: Berge bröckelten ja schließlich auch immer wieder ab. Ohne darauf einzugehen, entrüstet sich Verena: „Es hieß doch“, und damit bezieht sie sich wie Eva auf die erste Stunde der Unterrichtseinheit, „daß der Taunus, gerade weil er schon so alt ist, schon abgetragen und niedrig ist.“

Die Schüler haben auch hier wieder einen etwas anderen Weg, als den idealtypischen gewählt. Dabei stellten sie einen anderen, nicht weniger interessanten Aspekt in den Raum: Sowohl Hebungsrates, Hebungsgeschwindigkeit und Hebungsdauer als auch Zeitraum und Intensität der Abtragung bestimmen Höhe und Gestalt der Berge. Alle Faktoren überlagern und beeinflussen sich in hochkomplexer Weise gegenseitig. Wie man sich den Hebungsvorgang, der als solcher überhaupt nicht mehr diskutiert wurde, vorstellen müsse, fragte sich niemand. Es ist eigentlich verwunderlich, daß die Ungeheuerlichkeit der Tatsache um Kilometer gehobener mariner Gesteinskomplexe unproblematisch erschien. Um diese auch schon in einer fünften Klasse stattgefundene Gewöhnung an das Unglaubliche aufzubrechen, wären vielleicht, wie beim nächsten Durchgang geschehen, Zitate von Cuvier am Platz gewesen. Die Bilder taten es in diesem Fall nicht. Ungünstig wirkte sicher auch die zeitliche Unterbrechung zur vorhergehenden Stunde, denn durch die lebhafteste Diskussion über die Gebirgskoralle lag die Forderung nach erdgeschichtlichen Katastrophen schon fast in der Luft.

Die Früchte des unerwarteten Gesprächsverlaufs versuche ich durch einen kurzen Lehrervortrag im oben genannten Sinne einzufahren und problematisiere diese so selbstverständlich angenommene Hebung auf andere Weise: Die Abtragung der Gebirge können wir durch eigene Anschauung bestätigen. Gibt es denn auch Anzeichen, Beweise, für eine Landhebung, von der Ihr anscheinend alle ausgeht?

Gebirgsbildung durch unmerkliche Landhebung in unermesslichen Zeiträumen: Zu einem Bild von der Schärenküste Schwedens

erhält die Klasse folgenden Bericht von dort lebenden Fischern:

„(...) Die Häfen und Anlagestellen, die seit alters von ihren Vorfahren angelegt waren, wurden zu klein und zu flach, als daß man sie weiter gebrauchen konnte. Und Felsen, die früher unter Wasser lagen und eine ständige Gefahr darstellten, konnten leicht umgangen werden, weil sie ständig aus dem Wasser ragten. Die Beobachtung wird durch eine überraschende Entdeckung bestätigt: Den über 4000 Schären zwischen Stockholm und Turku (Finnland) werden jährlich hunderte hinzugefügt.“ (Gheyselinck 1951)

Harry hat gleich Expertenwissen parat: Infolge des Abschmelzens der Polkappen und dies wiederum ausgelöst durch den Treibhauseffekt, würden heute alle Meere ansteigen. Harry müsse besser hinschauen, mokiert sich Lisa, denn aus dem Bericht würde ja wohl im Gegenteil das Absinken des Meeres beschrieben. Sie hat auch gleich eine ungewöhnliche Erklärung: Das Wasser würde wahrscheinlich durch die Berge aufgesogen. Dominique unterstützt diesen Gedanken und verweist auf die vielen deutlich sichtbaren Risse im Fels. Wo solle denn das ganze Wasser sonst hin? Mir fällt dazu nur ein, daß die Berge nicht hohl seien, aber das überzeugt die beiden nicht sonderlich. Harry geht darauf nicht ein, denn er hat nur im Sinn, sein zuvor ausgebreitetes Wissen zu verteidigen. Es sei doch gar nicht gesagt, daß der Meeresspiegel sinkt, genauso könne der Bericht ein Hinweis für eine Landhebung sein. Das ist nun wirklich ein gutes Argument. Ich lasse es eine Weile im Raum stehen, doch hier weiß keiner weiter. Dann folgender Impuls: „Ihr wißt sicher, daß die Bewohner der Nordseeküste sich durch ständiges Erhöhen ihrer Deiche vor dem steigenden Meer schützen müssen.“ Nach geraumer Zeit konzentrierter Stille kommen Paul und Eva unabhängig voneinander zu einer brauchbaren Lösung: Wenn das Meer an der Nordseeküste steigt, müßte dies eigentlich auch an anderen Küsten geschehen, wie auch in der Badewanne das Wasser überall gleich steigt. Es muß also Landhebung im Spiel sein. Es bleibt nur eine Lösung: Die schwedische Küste steigt noch schneller als der Meeresspiegel. Diesem stringenten Beweisgang können leider nicht alle folgen. Während er bei einigen ein Aha-Erlebnis bewirkt, läßt die Aufmerksamkeit bei den meisten nach. In einer Fünften ist so ein Gedankengang eben nicht nebenbei zu leisten.

Das Dia eines lebendigen tropischen Riffs mit den bunten Farben der Korallen und dem strahlenden Himmel kann die Aufmerksamkeit der Schüler wieder beleben. Es könnte die Heimat der vorher gezeichneten



ten Koralle sein. Man sieht deutlich, wie die Korallenstöcke bis dicht unter die Wasserlinie wachsen. Sie brauchen einerseits das Licht, können aber, abgesehen von kurzen Phasen während der Nipptiden, kein Trockenfallen vertragen. Ihre Kronen bilden oft eine perfekte Ebene.

Die weiteren Bilder sollen die Schüler selbst interpretieren: Eine aus Korallenskeletten gebildete Plattform ragt ungefähr einen halben Meter über den Wasserspiegel. Auf dem folgenden Bild sind es schon zwei. Bis hierhin ist noch alles klar; auch dies ist ein Beispiel von Landhebung. Die über das Wasser gehobenen und deshalb abgestorbenen Korallen sind ein Indiz dafür. Das letzte Bild zeigt eine Terrassentreppe an der Küste von Papua Neuguinea, deren höchste Stufe mehrere hundert Meter über dem Meer liegt. Hier ist man sich nicht mehr so sicher, denn das Meer ist nur noch im Hintergrund zu erahnen, die Landschaft ist mit Grasland bedeckt. Eine Analogie zu den Riffplattformen ist schwer zu sehen. Durch folgende Anregung mache ich Mut für den vorletzten Schritt: „Stellt Euch vor, Ihr könntet auf der obersten Plattform eine Grabung vornehmen, was würdet Ihr finden?“ - „Das sind ja dieselben abgeschnittenen Flächen, wie vorhin, nur mit Gras!“ tönt es von hinten. Die Idee wird mit hörbarer Anerkennung aufgenommen. Meine Frage hat sich erübrigt, denn jeder weiß nun, was man dort ergraben würde.

Ein letzter Schritt fehlt noch. Es erscheint das schon bekannte Bild der Kalkalpen, die Fundstelle der fossilen Koralle. Der 2000-Meter-

Sprung von der obersten Riffplattform auf den Alpengipfel gelingt jetzt mit Leichtigkeit. Weniger leicht jedoch die Vorstellung, daß unmerkliche Landhebung in der Summe zu Hochgebirgen führt.

Reflexion und Vorbereitung auf Amöneburg: Nach dem Frankfurter Durchgang durchlief das Lehrstück eine Konsolidierungsphase, während der es im Rahmen von Lehrkunstwerkstätten diskutiert und durch Optimierungsvorschläge bereichert wurde. Die jüngste Erprobung sollte in einer Gemeinschaftsarbeit mit Herrn Hedwig, dem regulären Erdkundelehrer und mir als Gastlehrer, in einer sechsten Klasse an der Stiftsschule Amöneburg starten.

Konzeptionellen Zuwachs brachte die Reflexion des Frankfurter Durchgangs, wie auch die Integration der Werkstattergebnisse. So erfuhr das **Thema 'Vulkanismus'** eine Weiterentwicklung. Damit das Stichwort 'Vulkane' nicht wie im Frankfurter Durchgang zum bloßen Aufhänger einer an sich nur den Gedankengang störenden Unterbrechung wird, muß die Betrachtung unter einem weiterführenden Aspekt geschehen: Genügt der Vulkanismus, um der allgemeinen Einebnung entgegenzuwirken? In dieser Absicht werde ich die möglichen Ausmaße des Vulkanismus in den Vordergrund stellen. Angesichts der mächtigen Vulkangebirge Zentralamerikas oder Indonesiens, scheint es durchaus nicht abwegig, daß auch Hochgebirge, wie die Alpen, vulkanischen Ursprungs sein könnten.

Auch die Frage nach den **Gebirgsbildungsvorgängen** verlangt eine Veränderung. Leider ging der Ausflug in den Gedanken 'plötzlich und gewaltsam wirkender Ursachen' im Frankfurter Beispiel verloren. Die plastische Argumentation Cuviers sollte künftig auf jeden Fall in Form entsprechender Zitate explizit gemacht werden: Entweder um die Theorie überhaupt in die Diskussion zu bringen, falls sie weder durch Fossilien noch durch zerrüttete Schichten provoziert wird, oder um den von Schülern aufgegriffenen Gedanken im nachhinein auf den Punkt zu bringen.

Bewährt hat sich der Vergleich von rezenter mit fossiler **Koralle** in Verbindung mit den Dokumenten der entsprechenden Fundstellen. Diesmal sollen die Schüler dabei mehr Eigenaktivität entwickeln: Sie werden die auf den beiden Handstücken gefundenen Zeichnungen unabhängig voneinander auf Folie skizzieren und sie dann der Klasse (mit Overheadprojektor) zum Vergleich präsentieren.

In das Amöneburger Konzept wieder aufgenommen werden soll der **Gesteinshaufen**. Dieser hat, zusammen mit dem Sortierauftrag, so

bestätigen es die Erfahrungen aus Goldern und von Werkstattdurchgängen, einen unwiderstehlichen 'Aufforderungscharakter'. Zu einer Vertiefung des Gefühls für die **unermeßlichen Zeiträume**, soll die Umrechnung der Gebirgsbildungsdauer in Menschenleben beitragen.

Produkt eines Werkstattgespräches ist Theodor Schulzes Idee zur **Gestaltung der Exposition**: Während der Exkursion oder beim Betrachten der Bilder sollen die Schüler Verben zu dem Gesehenen finden. Dieser Auftrag konzentriert die Aufmerksamkeit - ohne dabei thematisch zu leiten - auf das Prozeßhafte und damit eben vor allem auf das Erosionsgeschehen.

Teil D:

Wettersteine in einer 6. Klasse der Stiftsschule Amöneburg 1995

Alles geht zu Tal: Da Wagenschein wenig Angaben über die zur Exposition verwendeten Bilder macht, ist bei der Realisation ein breiter Raum für Phantasie und Intuition gegeben. Nach Wandererlebnissen und angeregten landschaftsgenetischen Debatten erfährt meine Bildauswahl gelegentliche Veränderungen. Diesmal beschäftigte mich folgender Aspekt: Nicht selbstverständlich ist die Tatsache, daß auch kilometerbreite Täler letztlich durch die Erosionsarbeit teilweise sehr kleiner Gewässer entstanden sind. Je nach Gestein, Gefälle und Klima, entstehen dabei sehr unterschiedliche Talformen. Dem entsprechend zeigen die Bilder kleine Rinnsale und Bäche neben großen Flüssen, die sich entweder durch schroffe Canyons des Kalksteins oder liebliche Täler des Granits winden.

Herr Hedwig bittet die neugierigen Schüler, sich die Bilder in Ruhe anzuschauen und zu beobachten, wie Wind und Wetter die Landschaft geprägt haben. Währenddessen sollen sie das Geschehen in ihren Heften mit Verben beschreiben. In der Klasse herrscht interessierte Aufregung. Es kommt zu Diskussionen darüber, was ein Verb oder Tu-Wort sei. Es werden neue Eigenschaftsworte konstruiert, um das Geschehen zu beschreiben. Sven erfindet „gebäumt“, aber auch Worte wie „gesteint“ oder „grünlich“ sind zu hören. Nachdem wir einige klärende Worte zu diesem Thema ergänzt haben, wird die Stimmung ruhig und konzentriert. Schüler äußern öfters den Wunsch, bestimmte Bilder noch einmal oder länger betrachten zu dürfen. Nach

etwa 20 Minuten ist das letzte der 25 Bilder gezeigt, die Vorhänge werden wieder geöffnet und die Verben an der Tafel gesammelt:

plätschern - gefrieren - schmelzen - schneien - sprudeln - vertrocknen
- reißen - herunterkommen - spülen - wachsen - regnen - austrocknen
- fallen - spalten -

Obwohl die Schüler von den Bildern sichtlich beeindruckt sind (haben Sie die Bilder alle selbst gemacht?), gestaltet sich die anschließende Äußerungsphase eher unergiebig. Deshalb beginne ich gleich mit der Übertragung des Flußprofils vom Dia auf die Tafel (vgl. Frankfurt). Während des Abzeichnens herrscht gespannte Stille. Ich erkläre jeden Schritt meiner Zeichnung, denn die Schüler sollen kontrollieren, ob das entstehende Profil so stimmt. Das Ergebnis und



auch das Anfügen zweier gleichartiger Profile rechts und links wird von den Schülern als mögliches Abbild einer realen Situation akzeptiert. Die anschließende Stillarbeit, bei der das Talprofil von der Tafel abgezeichnet und in Etappen weitergedacht werden sollte (vgl. Frankfurt) läuft nicht so still, wie gedacht. Ideen wie „In 10 Millionen Jahren ist alles mit Müll bedeckt“ - „Es gibt dann keine Menschen mehr.“ - „In 50 Millionen Jahren gibt es nichts mehr wegen atomare r

Verseuchung“ fliegen durch den Raum. Dabei wird aber durchaus auch konzentriert gezeichnet. Manche illustrieren ihre Schreckensvisionen. Auch friedlichere Szenarien der anthropogenen Überformung sind dabei: „In 20 Mio Jahren stehen Häuser drauf, ein Staudamm wird gebaut.“ Bei der stillen Mehrzahl entsteht eine Bildergeschichte, an deren Ende eine flache oder leicht gewellte Linie steht. Eine andere Lösung hat Emanuel: Bei ihm werden die Schluchten der Flüsse immer tiefer.

Verena stellt ihr Ergebnis an der Tafel vor und erklärt: Das Wasser in den Flüssen steigt an. Die Berge werden zu Geröll, das Geröll dann zur Ebene. Eine hitzige Diskussion entbrennt. Sie muß ihre Lösung verteidigen. Simone: „Wo kommt denn das ganze Wasser her?“ Judith: Und warum ist es nacher nicht mehr da?“ Miriam beginnt gerade ihre Lösung vorzustellen, als die Diskussion von einer Welle der allgemein gegenwärtigen, sommerlichen Ferienstimmung unterbrochen wird. Eine Gruppe laut jolender Schüler versucht, vor den Fenstern des Klassenraums auf sich aufmerksam zu machen. Die Plenumsdiskussion kommt jetzt, kurz vor der Pause, nur noch stockend wieder in Gang. Die meisten Schüler vertreten die Idee einer allgemeinen Einebnung. Abschließend fragt Herr Hedwig, ob es vielleicht noch etwas gibt, was der Abtragung entgegenwirke. Jens spontaner Ausruf „Vulkane“ findet allgemeine Zustimmung.

Gegenkräfte: Vulkane: Zur Erinnerung an den Ausgang der letzten Stunde haben vier Schüler ihre Bildergeschichte zu Hause auf größere Pappen gezeichnet und stellen sie nun nacheinander vor. Bei allen Unterschieden ist ihnen das eingeebnete Endstadium gemeinsam. Carolin überlegt laut: „Ja wenn das wirklich so ist, und wenn man bedenkt, wie alt die Erde schon ist, dürfte es doch heute gar keine Berge mehr geben!“ „Ja sicher, aber es gibt doch die Vulkane“, wird dazwischengerufen, womit wir wieder am aktuellen Stand der Diskussion sind.

Welche Ausmaße kann der Vulkanismus erreichen? Ich habe Bildmaterial Zentralamerikas mitgebracht. Zuerst eine unscheinbare, mit Dschungel bedeckte Bergkuppe 1982. Bei einer Wanderung zu dieser Stelle zwei Jahre später können mich die Schüler in einer Diaserie begleiten. Erst geht es durch grünes Dickicht, was sich aber immer weiter lichtet, bis schließlich nur noch niedriger Farn den Weg säumt. Bald befinden wir uns in einer Mondlandschaft mit spitzen schwarzen Steinen und schwefelgelben Platten. Nun geht es steiler

bergauf durch ein Labyrinth schmaler, aber sehr tiefer Erosionsrinnen, die sich allmählich zu einem spiraligen Muster anordnen. Plötzlich stehen wir auf einem messerscharfen Grat, der einige hundert Meter senkrecht zu einem See abfällt. Über dem milchigen, türkisblauen Wasser kräuseln sich weiße Rauchschwaden. In einer Entfernung von ein bis zwei Kilometern ist der gegenüberliegende Krater zu sehen. Der heftige Ausbruch des El Chichón 1982 hat die harmlos aussehende, bewaldete Kuppe weggesprengt, weite Teile der tropischen Landschaft mit Asche bedeckt und eine Dunstwolke aus Schwefelsäuretröpfchen in die Stratosphäre gestoßen. Sie umkreiste mehrmals den Erdball und bescherte Europa außergewöhnlich farbenprächtige Sonnenuntergänge. Angesichts weiterer Bilder der mächtigen Vulkangebirge Mittelamerikas und Indonesiens schlugen sich viele Schüler auf die Seite von Goethes Plutonisten, die den Vulkanismus als hinreichende Ursache der Gebirgsbildung betrachteten:

„Andere heftiger dagegen ließen erst glühen und schmelzen, auch durchaus ein Feuer obwalten, das, nachdem es auf der Oberfläche genügsam gewirkt, zuletzt ins Tiefste zurückgezogen, sich noch immer durch die ungestüm sowohl im Meer als auch auf der Erde wütenden Vulkane betätigte und durch sukzessiven Auswurf und gleichfalls nach und nach überströmende Laven die höchsten Berge bildete.“

Das Thema ‘Vulkanismus’ hat durch den Standort der Schule eine besondere Aktualität, denn das Dorf Amöneburg wurde auf der von Wind und Wetter herauspräparierten Schlotfüllung eines tertiären Vulkans erbaut. Man sitzt auf dem Vulkan, und nichts liegt näher, als einen Blick in sein Inneres im nahe der Schule gelegenen Basaltsteinbruch zu werfen. Gesprächsthemen sind die Genese der Basaltsäulen, Geschichte und Alter des Vulkans und ökologische Bedingungen auf Basalt. Um seine Farbe und Textur zu studieren, rückt man dem sehr widerständigen Gestein mit Hammer, Meißel und Lupe zu Leibe.

Nach dem ausgiebigen Kontakt mit den Spuren vulkanischer Aktivität schloß die Exkursion mit einer Überlegung zu weiteren Möglichkeiten der Gesteinsgenese. Damit sollte die Bestimmungsübung in der nachfolgenden Stunde vorbereitet werden. Die inzwischen hoch stehende Sommersonne, der zunehmende Autolärm, ließen dies jedoch zu einem sehr mühsamen Unterfangen werden. Außerdem war

dies mit Sicherheit nicht der Ort, um nichtvulkanische Vorgänge zu erörtern. Meine provokante These 'Alle Berge sind Vulkane' konnte dennoch ein Gespräch im gewünschten Sinne auslösen. Letztlich wurde auch der richtige Ansatz zur Widerlegung dieser These gefunden: Man müßte Gestein finden, welches mit Sicherheit nicht vulkanisch ist.

These: Alle Berge sind Vulkane: „Nach dem, was ich in den letzten Stunden gesehen und gehört habe muß ich immer noch glauben, daß alle Berge Vulkane sind.“ begann ich die Stunde. Zusammen mit Herrn Hedwig sollte die Klasse versuchen, diese These zu widerlegen. Alle Möglichkeiten der Gesteinsentstehung wurden diskutiert. In eine vorbereitete Tabelle mit den Themen „Wie sind die Gesteine entstanden“, 'Wie sieht man es den Gesteinen an?' und 'Beispiele' (vgl. Frankfurt) notierten wir die jeweiligen Gesprächsergebnisse. Die Motivation und Eigenleistung der Schüler waren dabei weitaus geringer als im Frankfurter Beispiel, was sehr für eine vorhergehende Exkursion mit derselben Thematik spricht. Wir hatten uns für diese Reihenfolge entschieden, um einige Vorkenntnisse für das in Goldern etwas unvermittelt, aber ansonsten sehr fruchtbare und unterhaltsame Sortieren der Gesteinskisten zu schaffen.

In Gruppen sollen die Schüler nun den Praxiswert der gerade entworfenen Systematik überprüfen. Jede Gruppe bekommt vier verschiedenfarbige Pappen mit den Namen der Gesteinsfamilien (Farbe entspricht den Farben der später gefertigten Gesteinskarte) und eine Kiste, gefüllt mit einem bunten Gesteinssortiment. Die Aufgabe lautet ganz einfach: „Teilt die Steine ihrer Entstehungsart auf die entsprechenden Pappen auf!“

Nach den vereinbarten zehn Minuten irren noch einige Proben unschlüssig zwischen den Pappen umher. Die meisten haben ihren Platz jedoch schon gefunden, und dieser ist in den meisten Fällen richtig. Am hartnäckigsten wehren sich die Umwandlungsgesteine oder Metamorphite gegen die richtige Einordnung. Sie werden gerne mit den Ablagerungsgesteinen verwechselt, da sie oft wie diese, streifige Strukturen zeigen. Ein Vergleich mit einem zusammengedrückten Blätterhaufen ist in den meisten Fällen hilfreich. Wie sich bei ihm die Blätter, regeln sich im Umwandlungsgestein die Teilchen senkrecht zur Druckrichtung ein, bilden aber, im Gegensatz zum Ablagerungs-



gestein, keine mehr oder weniger parallelen und durchgehenden Linien, sondern eine eher netzartige Struktur.

Die wenigen widerspenstigen Steine, die im falschen Haufen gelandet sind, können den Gruppen ihr Staunen und ihren Stolz nicht nehmen. Nach dieser einfachen und mit etwas Hilfe selbst erstellten Systematik, hatten sie das bunte Wirrwarr der Gesteinskiste weitgehend in den Griff bekommen.

Nun stand die gesteinskundliche Dorfexkursion nach Frankfurter Muster auf dem Programm. In Frankfurt war sie Ausgangspunkt der Gesteinssystematik, hier eine weitere Erprobung und Festigung des eben Gelernten. Die Exkursionsauswertung gestalteten wir als Ratespiel: Nach den vor Ort aufgenommenen Beschreibungen sollten die Zuhörer schließen, um welche Gesteinsfamilie (noch nicht um welche Gesteine!) es sich handelte. Bei dieser Gelegenheit wurde sehr deutlich, wie wichtig exakte Beobachtungen sein können. Flüchtig angelegte Bögen brachten kaum Punkte. Nach richtiger Einordnung in die Gesteinsfamilie wurden Granit, Sandstein, Basalt etc. als Beispiele in die entsprechende Spalte der zuvor genannten Tabelle eingetragen.

Die Herkunft der Gesteine: Mit Atlas, Hessenkarte, Transparentpapier und Stiften ausgerüstet ging es danach an die Herkunftsbestim-

mung der Gesteine und die Veranschaulichung der räumlichen Verhältnisse in Form einer sehr einfachen, aber selbst erstellten, geologischen Karte. Mit Engagement trugen die Schüler ihr Wissen von Spaziergängen in der Umgebung zusammen und brachten es mit ihren Beobachtungen im Dorf in Verbindung: Basalt kommt aus dem Vogelsberg oder direkt von Amöneburg. Auch der Sandstein hat es von den Lahnbergen nicht weit. Die Materialien sind an alten Gebäuden zu finden. Schwieriger ist es mit dem Marmor: „Den gibt's auf dem Friedhof“. Ein weiteres Umwandlungsgestein, den Schiefer, fanden die Schüler als Dachbedeckung vieler Häuser. Er kommt natürlich aus dem gleichfalls nicht weit entfernten Schiefergebirge. Granit und Gneis dagegen kennzeichnen neuere Häuser oder verraten spätere Umgestaltung. Sie kommen, das können die Schüler nicht wissen, auch in diesem Fall meist aus dem Odenwald.

‘Viele Berge, keinesfalls alle Vulkane’, das ist auch das Fazit der eben entstandenen Karte Nord- und Mittelhessens. Geologische Karten größerer Gebiete im Atlas geben denselben Eindruck.

Korallen in den Alpen: Katastrophen?: Während die Klasse noch die Aussage der geologische Karte bespricht, bekommen zwei Schüler - in Weiterentwicklung des Frankfurter Verfahrens - das Skelett einer rezenten Koralle und einen Kalkstein mit versteinerten Koralle. Beide sollen die auf den Handstücken sichtbaren Zeichnungen auf einer bereitgelegten Folie skizzieren. Das in wenigen Minuten fertige Ergebnis erscheint alsbald für alle sichtbar an der Wand. Die Ähnlichkeit der beiden Zeichnungen ist auch diesmal unübersehbar. Ja, es sind beides Korallen, Bewohner warmer, tropischer Meere. Danach die Dokumentation der Fundorte: Südseestrand und Alpenlandschaft. Auch hier die Frage: Wie kommt die Koralle in die Alpen?. Spontan wird von mehreren Schülern eine bis in große Höhe reichende und später wieder verebbte Wasserbedeckung für wahrscheinlich gehalten. Diese interessante Wendung, die an die Sintfluttheorie erinnert, kann angesichts der vorangerückten Zeit nicht mehr weiter verfolgt werden.

Anders als im Frankfurter Beispiel, wo die Katastrophentheorie überhaupt nicht explizit erschien, und in anderer Reihenfolge als in Goldern, versuche ich die Katastrophentheorie diesmal folgendermaßen in die Diskussion zu bringen:

Das Zitat, in dem Cuvier seine Vorstellung von den in früheren Zeiten gewaltsam und plötzlich aufgetürmten Gebirgen plastisch beschreibt, wird in Stillarbeit gelesen. Nach der Beantwortung einiger

Verständnisfragen folgen (wie in Goldern) die Bilder zerrütteter Schichten. Die Klasse schaut sich die Bilder sehr ruhige und konzentriert an. Nach dem Öffnen der Vorhänge melden sich gleich einige Schüler: Verena vergleicht die Gerteinsschichten mit Wellen; Carolin findet, daß die Welt „ganz umgedreht“ wirkt. Weitere Äußerungen lassen erkennen, daß viele die Bilder als Bestätigung des Zitates empfinden.

Dem Cuvierschen Zitat wird jetzt die Argumentation Charles Lyells gegenübergestellt. Noch als Hannah versucht, das Gelesene mit eigenen Worten wiederzugeben, erheben sich Einwände gegen Lyells Theorie einer sanften, unmerklichen Genese der Gebirge. Die Schichten könnten unmöglich langsam gewachsen sein, dafür gäbe es zuviele Ecken und Kanten, meint Katharina. Marco, der grundsätzlich auch auf Katasrophen beharrt, meint beschwichtigend, daß diese vielleicht nicht so schlimm waren, eine große Zahl kleiner Erdstöße hätten die Verschiebungen bewirkt. Carolina kann sich jedoch nur heftigere Katastrophen als Ursache für das in den Bildern Gesehene vorstellen. Judith stimmt dem zu: Wie sonst könnten die Korallen so hoch in die Berge gelangt sein. Verena hat auch mehr Sympathie für Katastrophen in der Vergangenheit. „Sonst müßten die Berge ja immer noch wachsen!“ „Das ist es doch gerade, was Lyell behauptet, langsames Wachsen!“ Doch die Katastrophentheoretiker geben keine Ruhe: Katharina, etwas genervt: „Nee, ich glaube nicht, daß die Berge so eckig gewachsen sind.“ Und Judith konstatiert: „Das von Cuvier stimmt, die Korallen müssen doch irgendwie hochgeschleudert worden sein.“



Jetzt wird es Jens zu bunt: Es sei durchaus möglich, daß sich alles langsam gehoben habe. Man müsse darüber noch etwas lesen. Oder mal auf die Berge fahren und gucken, ergänzt Judith. Spätestens jetzt wäre der Zeitpunkt für 'Bilder und Dokumente langsamer Hebung' gekommen (vgl. Frankfurt, Goldern). Doch bald wird das Klingeln das Ende der Einheit setzen. Mir bleibt nur noch die Zeit, Jens zuzustimmen. Zwar könne Cuviers Theorie mit naturwissenschaftlichen Mitteln genau genommen nicht widerlegt werden, dennoch gehe die heutige Wissenschaft von einer mehr oder weniger sanften Hebung der Gebirge aus „wie wir sie heute noch bemerken, oder wegen ihrer Sanftheit übersehen“: Nun traut sich auch Simone, nachdem sie der Diskussion nachdenklich gefolgt ist, zu fragen: Ja, warum soll nicht alles ganz langsam gehen, wenn es auch sehr lange dauert?

Und es dauert wirklich unfaßbar lange. Um die Zeitdimensionen spürbar werden zu lassen, haben wir zum Schluß noch eine kleine Knobelaufgabe vorbereitet: Wenn sich die versteinerten Korallen - die ja zu diesem Zeitpunkt schon ein stattliches Alter gehabt haben - einen Millimeter pro Jahr gehoben haben, wie lange hat es gedauert, um sie auf 2500 Meter zu heben? Wie lange ist das in Menschenleben à 65 Jahre ausgedrückt? Trotz des Einsatzes von Taschenrechnern sind die Ergebnisse sehr unterschiedlich. Richtig wäre gewesen: 40.000 Menschenleben. Alle Ergebnisse veranschaulichen jedoch, daß diejenigen, „*welche die Lehre von der Gleichartigkeit der frühe-*

ren mit den jetzigen Naturvorgängen verteidigen, unermessliche Zeiträume als zugestanden annehmen“ müssen.

Rückblick Amöneburg: Einige der schon gewonnenen Erkenntnisse konnten im Beispiel Amöneburg nicht umgesetzt werden. Das mag mit der sommerlich unkonzentrierten Gesamtatmosphäre wenige Tage vor den Notenkonferenzen und großen Ferien zu tun gehabt haben, war aber auch durch einige Unachtsamkeiten bei der Vorbereitung bedingt. Insgesamt ergibt sich dadurch ein Gesamteindruck von Sternstunden in einem von zahlreichen Störungen durchwirkten Ablauf. Zu den gelungenen Teilen gehören mit Sicherheit die rege Diskussionen der Gebirgsbildungsfrage, bei der auch die Katastrophentheorie kräftige Unterstützung fand. Gelohnt hat sich also die Wiederaufnahme der Originalzitate. Eindrücklich war an dieser Stelle auch die Veranschaulichung der ungeheuren Zeiträume durch Umrechnung in Menschenleben, auch wenn wir - paradoxerweise - gerade hier in akute Zeitnot gerieten. Gut bewährt hat sich die Bildergeschichte zum Abtragungsgeschehen. Auch die Besprechung des Vulkanismus gelang durch die konzeptionelle Überarbeitung besser. Bereichernd war hier die Begegnung mit dem originalen Phänomen des Amöneburg-Basalts.

Deutlicher betonen sollte man bei der Diskussion der Abtragungsvorgänge den **quantitativen Aspekt**. Anregung gibt Wagenschein durch seine Beispiele der eiszeitlichen Bändertone und der meßbar rückschreitenden Niagarafälle. Eine konzeptionelle Verbesserung erschien uns bei der **Vorbereitung der Gesteinsexkursion** sinnvoll. Um den Schülern den Umgang mit dem Gesteinsfragebogen zu erleichtern, könnte man diesen, zumindest teilweise, im Unterrichtsgespräch entwickeln lassen. Die Verwendung und Handhabung des zur Protokollierung der Exkursionsergebnisse ausgeteilten Beobachtungsbogen würde dadurch transparenter. Nicht vergessen darf man einen vor, oder spätestens am Beginn des Lehrstückes zu gebenden **Experimentierauftrag**: Als Modell zur Entstehung der grobkristallinen Tiefengesteine werden schon weit entwickelte Salzkristalle gebraucht. Sie sollen an dicht nebeneinander hängenden Fäden in einer hoch konzentrierten Kochsalzlösung wachsen, bis ihre Kanten sich berühren.

Teil E: Die resultierende Lehrstückfabel

Wagenscheins Urfabel und die Fabel der Wettersteine: Die Lehrstückfabel enthält die dramaturgische Linie des Lehrstückes, wie sie sich in der Erfahrung bewährt hat. Zu Wagenscheins Urfabel 'Erdgeschichte' sind im Wesentlichen die Geländeexkursionen, der gesteinskundliche Teil, das Phänomen mariner Fossilien in den Bergen und der erkenntnistheoretische Exkurs hinzugekommen. Wichtig ist auch die Rahmenfigur 'Betrachtung des Phänomens vor und nachher', wie Wagenschein es in seinem Beispiel 'Fallgesetz im Brunnenstrahl' beschrieben, in der 'Erdgeschichte' aber nicht angewandt hat.

I. Akt: Beunruhigende Aussichten: Alles geht zu Tal: Am Beginn jeder naturwissenschaftlichen Erkenntnis steht das vorwissenschaftliche Staunen und Fragen. Zunächst geht es also darum, das Thema in packender und 'fragwürdiger' Weise vor den Betrachtern zu exponieren. In diesem Fall müssen Beispiele gefunden werden, an denen die Formung der Landschaft augenscheinlich, besser noch hör- und spürbar, zu erleben ist. Sturzbäche in engen Klammern, Gletscher, schlamm-beladene Rinnsale, wie sie nach einem Regenguß über den Weg laufen, können dies sein. Dieser Einstieg sollte in jedem Fall, auch wenn die Schule nicht in den Alpen liegt, in Form einer Exkursion zum Phänomen stattfinden. Ein zweiter Teil der Exposition demonstriert die Vielfalt und Allgegenwart des Phänomens. Hier kommen Wagenscheins 'aufschlußreiche Bilder von Geröllhalden, Felsstürzen, Lawinen' zum Einsatz. Um die Betrachtung auf das Abtragungsgeschehen zu konzentrieren, sollte die Exposition von einem sorgfältig ausgedachten Beobachtungsauftrag begleitet sein. Er darf das Aufkeimen der Frage nicht ersticken. Bewährt haben sich das Wahrnehmungsspiel (Goldern) und das Verbensammeln (Amöneburg).

Als Kriterium für eine gelungene Präsentation des Phänomens kann eine nachdenkliche Stimmung gelten, die sich nach und nach in der Klasse einstellt und sich mit folgenden Worten kennzeichnen läßt: 'Alles geht zu Tal, wie soll das enden?' Dieser erste Eindruck wird durch eine anschließende Vertiefung verstärkt, indem die Schüler etwa Bildergeschichten zum Abtragungsgeschehen zeichnen. Ähnliche Wirkung hätte sicher die Ergänzung des qualitativen durch den quantitativen Aspekt. Wagenschein nennt dafür schöne Beispiele, bei denen die Abtragung in Zentimetern pro Jahr meßbar ist.

II. Akt: Vulkane als Gegenkraft: Eine weitere Frage, nämlich die nach Gegenkräften, ergibt sich dann meist von selbst, da die Perspektive einer vollkommenen Einebnung der Landschaft offenbar als unbefriedigend, wenn nicht sogar beängstigend empfunden wird. Das naheliegendste, und in diesem Zusammenhang stets zuerst genannte Phänomen ist der Vulkanismus. Der Altersstufe entsprechend sind nun mehr oder weniger komplizierte vulkanische Erscheinungen zu besprechen. Die Schüler berichten erfahrungsgemäß gerne über eigene Erlebnisse oder Kenntnisse aus diesem Bereich. Letztlich wird das Thema Vulkanismus jedoch unter folgendem Gesichtspunkt aufgegriffen: Ist der Vulkanismus einzige und ausreichende Gegenkraft gegen die allgemeine Einebnung? Entsprechende Impulse lassen die Diskussion ganz von selbst in diese Richtung gehen: So wird angesichts der mächtigen Vulkangebirge Mittelamerikas oder Indonesiens manch einer Goethes Plutonisten zustimmen müssen. *„Andere heftiger dagegen ließen erst glühen und schmelzen, auch durchaus ein Feuer obwalten, das, nachdem es auf der Oberfläche genügsam gewirkt, zuletzt ins Tiefste zurückgezogen, sich noch immer durch die ungestüm sowohl im Meer als auch auf der Erde wütenden Vulkane betätigte und durch sukzessiven Auswurf und gleichfalls nach und nach überströmende Laven die höchsten Berge bildete.“*

III. Akt: Überprüfung mit Hilfe von Gesteinskunde: Geht die Gebirgsbildung allein auf Vulkanismus zurück oder in der Sprache von Fünftkläßlern ausgedrückt: Sind alle Berge Vulkane? Das ist die Frage, die sich an diesem Punkt des Untersuchungsganges aufwirft. Auch hier geht es exemplarisch, genetisch und sokratisch weiter: Wie kann man die im Raum stehende Frage selbst und mit eigenen Mitteln überprüfen? Es gibt mehrere Ansatzmöglichkeiten, aber eine wird sich im Gespräch bald als die einfachste erweisen: Man könnte sich die gebirgsbildenden Gesteine anschauen und daraus schließen, wie Spessart, Taunus, Vogelsberg oder Alpen geworden sind. Allerdings geht dies

<p>A. Marburg, Juli 1988 Marburg/Wehrda: 9 Teilnehmer (Student/Innen und Referendare). Vier - stündiger Block, mit anschließender Diskussi- on über Aspekte der Plattentektonik (Stand der Forschung). Exkursion zu einem Kerbtal des Marburger Rückens. Erste Phase: Einstündige Exkursion zu einem engen Kerbtal in den Sandsteinen des Marbur- ger Rückens. Vorgegeben wurde nur das Thema 'Erdgeschichte' ohne Präzisierung einer Frage- stellungen. Überlegung zu der Definition eines Tales. Zweite Phase: Wagen- schein's Exposition mit einer Bilderserie verschie- dener Abtragungspro- zesse (Wildbäche, Glet- scher etc.). Frage nach dem ursächlichen Ver- hältnis Fluß und Tal. Diskussion der Konse- quenz ständig wirkender Abtragungsprozesse. Dritte Phase: Diskussion von Eustasie/Isostasie und Erwägung ver- schiedener Gebirgsbil- dungstheorien. Vierte Phase: Ursachen der Gebirgsbildung nach dem heutigen Stand der Forschung. Theorie der Kontinentalverschiebung, Modedell der globalen Tektonik</p>	<p>B. Goldern, Mai 1990 Ecole d' Humanité: 6 Schüler/Innen der gymnasialen Mittelstufe. Einwöchiger Kurs, 5 Stunden à 60 Minuten. Außerdem Nachsitzung zur Diskussion des aktuellen Forschungsstandes der globalen Tektonik/ Konti- nentalverschiebung. Exkursionen zu Sturzbächen in der Umgebung der Schule und zu verschiedenen Aussichtspunkten (Aare-Tal, Rosenloui-Gletscher). 1. Tag: Exkursion zu einem Sturzbach und Betrachtung des Panoramas mit Aaretal und Rosenloui-gletscher. Leitfragen: Was war zuerst - Fluß oder Tal? ; Was meint der Begriff 'Tal' ? 2. Tag: Exposition nach Wagenschein: Diaserie zu Abtragungsprozessen, Diskussion der Begriffe Berg-Tal. Ergebnis: Täler sind Zwischenstadien bei dem Prozeß allgemeiner Einebnung. Frage nach Gegenkräften, Bei- spiel Vulkanismus. 3. Tag: Wie kann überprüft werden ob Vulkanismus ausreichende Erklärung für Gebirgsbildung ist? Untersu- chung der Gebirgs-genese mittels Analyse der gebirgsbil- denden Gesteine (Gesteinsproben von Alpen und Schwarzwald). Dazu: Übungen der Gesteinsbestimmung und Erstellung einer genetischen Gesteinssystematik. Ergebnis: Weder Alpen noch Schwarzwald sind vulkani- scher Genese. Erneut: Frage nach Gegenkräften. Phäno- men mariner Fossilien in den Gesteinen der Alpengipfel. Wie kommen sie dort hin? Präsentation und Abwägung von Erklärungsmodellen aus Genesis 7,17- 8,14 und von Leonardo da Vinci. Diskussion von Eustasie und Iso- stasie: Hat sich der Meeresspiegel gesenkt oder haben sich die Berge über den Meeresspiegel gehoben? 4. Tag: Diaserie von Alpengipfeln, die aus gebogenen, gestauchten, zerbrochenen und zum Teil überkippten Schichten aufgebaut sind. Diskussion von Cuvier's Katastrophentheorie. Beispiele unmerklich langsamer Hebungprozesse und Erwägung Lyell's Vorschlag des geologischen Aktualismus. Das erkenntnistheoretische Problem des Aktualismus/ Universalismus. 5. Tag: Zusammenfassende Schlußbetrachtung bei einer Geländeexkursion. Betrachtung der Landschaft im Licht der zuvor erwogenen Zusammenhänge: In Gedanken an die Landhebungsbeispiele meint man die Hebung der Alpen zu spüren und versteht nun einerseits, daß diese den stürzenden Bächen und den malmenden Gletschern die Kraft gab und daß diese heute noch wirkende Hebung eine Einebnung der Alpen auf lange Zeit verhindern wird. Nachsitzung: Ursachen der Gebirgsbildung nach dem heutigen Stand der Forschung. Theorie der Kontinental- verschiebung, Modell der globalen Tektonik.</p>
--	---

Synopse der vier Praxisdurchgänge

<p>C. Frankfurt, Nov./Dez 1990</p> <p>Carl- Schurz-Schule in Sachsenhausen: 32 Schüler/Innen der 5. Klasse Gymnasium. 8 Stunden (à 45 Minuten). Exkursion im Stadtteil Sachsenhausen.</p> <p>1. Stunde: Einstieg nach Wagenschein mit einer Bilderserie verschiedener Abtragungsprozesse (Wildbäche, Gletscher etc.) „Alles geht zu Tal, wird die Erde einmal ohne Berge sein?“ Frage nach Gegenkräften.</p> <p>2. Stunde: Betrachtung des Vulkanismus mit Schülerberichten, Analyse verschiedener Vulkantypen, Diskussion von Gefahr und Nutzen des Vulkanismus für den Menschen.</p> <p>3. Stunde: Vorbereitung der Exkursion mit dem Thema „Erkennung verschiedener Gesteinstypen“. Einordnung in den Rahmen der Unterrichtseinheit: Um festzustellen, ob Berge grundsätzlich auf Vulkanismus zurückgehen, muß man zunächst erkennen können, wie sie entstanden sind - eben anhand der sie aufbauenden Gesteine.</p> <p>4. Stunde: Exkursion in Sachsenhausen</p> <p>5. Stunde: Auswertung der Ergebnisse, Frage nach Herkunft der Gesteine. Erarbeitung einer genetische Gesteins-systematik.</p> <p>6. Stunde: Gemeinsame Erstellung einer Gesteinskarte für die Umgebung Frankfurts: Nur der Vogelsberg ist vulkanischer Genese.</p> <p>7. Stunde: Anwendung der bisherigen Kenntnisse auf die Alpen: Auch die Alpen sind überwiegend nicht vulkanisch. Diskussion des Phänomens mariner Fossilien auf den Gipfeln: Hat sich der Meeresspiegel gesenkt oder haben sich die Berge über den Meeresspiegel gehoben?</p> <p>8. Stunde: Frage nach möglichen Hinweisen auf langsame Bewegungen der Erdkruste, Identifikation solcher Vorgänge an verschiedenen Küsten.</p>	<p>D. Amöneburg, Juni 1995</p> <p>Stiftsschule St. Johann in Amöneburg: 28 Schüler/Innen der 6. Klasse Gymnasium. 5 Doppelstunden (à 2 x 45 Minuten). Exkursion zum Basaltsteinbruch Amöneburg, sowie geologische Dorfexkursion.</p> <p>1. Doppelstunde: Einstieg mit einer Bilderserie von Tälern ganz unterschiedlicher Größe: Wildbäche, Schluchten und Gletscher. Beobachtungsaufgabe: Beschreibung in Verben. Vertiefung durch Weiterdenken einer Talgeschichte.</p> <p>2. Doppelstunde: Bedeutung des Vulkanismus als Gegenkraft gegen die Einebnung. Demonstration der Ausmaße vulkanischer Aktivität. Exkursion zum Steinbruch bei Amöneburg zur Untersuchung des Basaltgesteins.</p> <p>3. Doppelstunde: Erarbeitung einer einfachen Gesteins-systematik. Erprobung am Gesteinshaufen und bei einer geologischen Dorfexkursion.</p> <p>4. Doppelstunde: Auswertung der Exkursion und Vervollständigung der begonnenen Gesteins-systematik. Erörterung der Herkunft der Gesteine und Zeichnen einer einfachen geologischen Karte.</p> <p>5. Doppelstunde: Anwendung der Karte auf die Frage der Gebirgsentstehung: Die wenigsten Gebirge sind vulkanischen Ursprungs. Vergleich fossiler mit rezenter Koralle. Erklärungsversuch mit Cuvier (Katastrophen) und Lyell (sanfte Hebung). Errechnung unermeßlicher Zeiträume.</p>
--	---

nicht ohne Gesteinskenntnisse, womit das nächste Thema auf der Hand liegt.

Zunächst wird man überlegen, wie Gesteine grundsätzlich entstehen, und sich dabei vergegenwärtigen, daß sie überhaupt etwas Gewordenes sind. Muß die Genese des Gesteins nicht lesbare Spuren wie Schichtung, Körnung, Kristalle etc. hinterlassen haben? Lassen sich solche Merkmale, die über die Entstehung Auskunft geben, vielleicht unter bestimmten Gesichtspunkten ordnen und zu einer Art 'Gesteinsfragebogen' zusammenstellen? Mit einem Beobachtungsbogen ausgerüstet, der von den Schülern selbst ausgearbeitet wurde, zumindest aber deutlich die Züge der zuvor geleisteten Arbeit trägt, beginnen die Schüler eine Gesteinsbefragung. Diese kann, je nach Schulort und organisatorischen Möglichkeiten als Geländeexkursionen oder auch als geologische Stadtextkursion durchgeführt werden. Dabei geht es zunächst um genaues Beobachten und Beschreiben der Gesteine. Sorgfältig angelegte Beobachtungsprotokolle leisten bei der anschließenden Auswertung Erstaunliches: Sie helfen, Ordnung in die Vielfalt zu bringen. Nach ihrer Genese lassen sich sämtliche Gesteine in drei (bzw. vier) Hauptgruppen einordnen: Erstarrungsgesteine (untergliedert in Erguß- und Tiefengesteine), Ablagerungsgesteine und Umwandlungsgesteine. Die weitgehend selbst gefundene Systematik soll sich nun im Test bewähren: Wer kann einen bunten Gesteinshaufen in die genetischen Hauptgruppen aufteilen?

Wenn die Gesteine nicht an ihrem Ursprungsort, sondern in der Bausubstanz untersucht wurden, ist jetzt eine 'Verortung' zu leisten, bei der sich auch ein Exkurs in die Stadtgeschichte anbietet. In Unterstufenklassen wird man das Ergebnis zur besseren Übersicht kartographisch erfassen: Wo sind die Gebirge, aus denen Sandstein, Granit oder Basalt stammen? Indem man eine Farblegende entwickelt und die Umrisse der Gebirge entsprechend ausfüllt, hat man die Grundfunktion einer geologischen Karte verstanden. Vergleicht man das sehr einfache, aber selbstgefertigte Produkt mit den geologischen Karten des Weltatlases, zeigt sich eine deutliche Übereinstimmung. Die gesteinskundliche Überprüfung mündet in folgender Doppelüberrraschung:

Erstens: Die wenigsten Gebirge sind vulkanischen Ursprungs.

Zweitens: Viele dagegen sind aus marinen Ablagerungen aufgebaut.

IV. Akt: Wie wird aus Meeresboden Hochgebirge: Korallen in den Bergen: Die meisten großen Gebirge der Erde sind also nicht vulkanischen Ursprungs. Sind Alpen, Anden und Himalaya nur Abtragungsinselfen? Um diese Frage zu untersuchen, wird der Schauplatz an einen Ort der Kalkalpen verlegt. Dort sind Versteinerungen, unter anderem auch versteinerte Korallen, zu finden. Das Augenmerk fällt deshalb auf die Korallen, weil es bei ihnen deutlicher ist als bei anderen Meeresorganismen, daß die riffbildenden Arten nur in den Ozeanen (und nicht etwa in kalten Gebirgsseen) leben und gelebt haben. Die Gesteinsschichten, die sich heute mehrere Tausend Meter über dem Meeresspiegel befinden, müssen sich also auf Meeresniveau gebildet haben. Falls der Szenenwechsel nicht tatsächlich realisiert werden kann, wirken auch entsprechende Gesteinsproben, deren Fundstelle mit Nah- und Panoramaaufnahme dokumentiert wird. Der Spannungsbogen zum Meeresniveau wird durch eine rezente Koralle verwandter Art hergestellt, deren Fundort am Südseestrand auch photographisch belegt ist. Damit ist das Folgeproblem exponiert. Die Schüler, die sich in Alpen- und Südseelandschaft hineinversetzen, die rezente und fossile Koralle zeichnen, vergleichen und deren Verwandtschaft feststellen, die sich nun für die Entstehung der Riffe interessieren und sich nach der dem Prozeß des Versteinerns erkundigen, werden sich bald mitten in folgender Diskussion wiederfinden:

Wie kamen die Korallen auf ihren heutigen Platz? Kam das Wasser zu den Bergen oder erhoben sich die Berge aus dem Meer? Geschah dies langsam oder plötzlich? Interessante Beiträge leistet die Forschungsgeschichte, deren Protagonisten kein Erklärungsmodell ausließen: Leonardo, Goethe, Cuvier, Lyell und auch das Buch Genesis lösen durch plastische Schilderungen weitere Diskussionen aus: Kann eine 'Sintfluttheorie' das Phänomen erklären? Oder ist Cuviers Katastrophentheorie in der Annahme 'plötzlich und heftig wirkender Ursachen' plausibler? Angesichts von Bildern mächtiger Gesteinsschichten, gefaltet, gebogen und überkippt bleibt vielen kaum ein anderer Schluß. Gibt es Alternativen zu dieser gewalttätigen Lösung? Phänomene, wie das unmerkliche, aber meßbare Aufsteigen mancher Küsten, weisen den Weg zu einer im Sinne der modernen Naturwissenschaft gültigen Erklärung. Diskussionsanlaß können Bilder und Berichte von der schwedischen Schärenküste sein, aber auch Beispiele gehobener Riffplattformen, da sie das Korallenbeispiel wieder aufgreifen und den Spannungsbogen zwischen Meeresstrand und Alpengipfel schaffen. Letztlich gelangt man mit Georges Lyell zum

geologischen Aktualismus: Auch sanfte Hebung „*wie wir sie heute noch bemerken, oder wegen ihrer Sanftheit übersehen*“ kann in der Summe zu Hochgebirgen führen. Aber diejenigen, „*welche die Lehre von der Gleichartigkeit der früheren mit den jetzigen Naturvorgängen verteidigen, müssen unermessliche Zeiträume als zugestanden annehmen*“.

Die entsetzlichen Zeiträume, die im Tausch gegen die erdgeschichtlichen Katastrophen akzeptiert werden müssen, sollen nicht zu nichts-sagenden sechsstelligen Zahlen reduziert werden. Hier kann nochmals das Beispiel des alpinen Korallenriffs gute Dienste leisten: Wie lange mußte sich das präalpine Meeresbecken millimeterweise absenken und die Korallen dieses Absinken durch Wachstum ausgleichen, um 3000 Meter dicke Kalkmassen aufzubauen? Und wie lange brauchten diese Kalkmassen, um in ebenso schleichender Bewegung ihren heutigen Platz im Alpenpanorama einzunehmen? Welcher Zeitraum wäre dies, in Menschenleben ausgedrückt?

Exkurs Erkenntnistheorie: „*So verliert die Katastrophentheorie an Boden zugunsten des geologischen Aktualismus*“ formuliert Wagenschein vorsichtig und bereitet damit das Feld für einen - von ihm nicht ausgeführten - erkenntnistheoretischen Exkurs: Ob Revolution (Katastrophentheorie) oder Evolution (langsame Hebung) ist keine Frage von 'richtig' oder 'falsch' sondern letztlich ein Methodenstreit.

In Mittel- und Oberstufenklassen bietet es sich an, diese Dimension der Kontroverse zwischen Georges Cuvier und Charles Lyell explizit zu machen. Wer unbefangen überlegt, muß zu dem Schluß kommen, daß Lyells Aktualismus nicht eigentlich die Widerlegung der Katastrophentheorie ist. Die Gleichheit hier und heute beobachtbarer Prozesse in Raum und Zeit läßt sich auch durch scharfsinnigste Argumentation nicht einholen. Die Annahme des Aktualismus und Universalismus ist Prämisse der Naturwissenschaft, nicht deren Erkenntnis. Indem man die Grenzen des Aktualitäts- und des Universalitätsprinzips auslotet, so etwa am Beispiel der Ethik, erkennt man dessen methodischen Charakter.

Nachbetrachtung: Das Lehrstück schließt dort, wo es begonnen hat, an einem Ort der Landschaft, der die an und in ihm wirkenden Kräfte eindrucksvoll exponiert und spürbar werden läßt. Die Intention einer solchen Wendung beschreibt Wagenschein am Schluß seines „Fallgesetzes“:

„Schauen wir je tzt den Brunnenstrahl noch einmal an, wie er ruhig und glitzernd seinen Weg nimmt, so sehen wir seine Schönheit nach wie vor. Nur sehen wir noch ein feines Gespinst außerdem: Feine Linien, Zugstraßen unseres Denkens, umgeben und durchdringen ihn und das Feld der um ihn lautlos streitenden, lautlos sich einigenden Mächte: des gleichförmig durch den Raum Geschleudertseins und des quadratisch beschleunigten Sturzes. Es ist dadurch der Anmut dieses Strahls nichts genommen. Sie ist uns nur noch einmal gegeben: wir schauen sie nicht nur, wir denken sie auch.“ (Wagenschein 1975, S.54)

Auch am Ende des geomorphologischen Lehrgangs erscheint das Ausgangsphänomen, die Landschaft, in derselben Schönheit, die den Betrachter anfangs in Bann gezogen hat. Bewunderung und Staunen und das Fragen nach der Bedeutung des Einzelnen im Gesamten, nicht analytische Zerstückelung, trieben das Forschen voran. Dieselbe Landschaft erscheint im Licht einer durch Fragen, Überlegen und Erfahren sensibilisierten und vertieften Wahrnehmung.

Reflexion einiger Fragen zu den ‘Wettersteinen’

1. Lichtbilder: ‘Lichtbilder’ werden an vielen Stellen des Lehrstücks eingesetzt und spielen dort eine wichtige dramaturgische Rolle. Vielfach wurde dieses Vorgehen als methodisch antiquiert kritisiert. Besonders dort, wo es um Prozesse und Bewegung geht, seien Filme wahrscheinlich vorzuziehen. Ich halte das Medium jedoch aus mehreren Gründen und gerade für einen exemplarisch-phänographischen Lehrgang für angemessen: Das unter ästhetischen Gesichtspunkten gelungene Bild lädt zum Verweilen am dargestellten Phänomen ein. Der Film dagegen treibt voran und zwingt zum flüchtigen Konsum. Wenn das Bild einen Ausschnitt eines Prozesses darstellt, kann dieser weitergedacht werden. Im Film wird das Denken vorweggenommen. Gute Dias kann man - im Gegensatz zum Film - mit etwas Begabung und relativ geringem technischen Aufwand selbst aufnehmen. Authentizität ist im phänographischen Ansatz von zentraler Bedeutung. Letzteres wird durch eine auffallend aufmerksame und konzentrierte Atmosphäre während der Bildbetrachtungen deutlich. Spürbar ist dabei nicht zuletzt das Interesse an der Geschichte des Lehrers, an der die Schüler nun teilhaben können.

2. Zukunftsängste: Als weitere zeit- und gesellschaftsbedingte Konstante zeichnet sich folgende Wirkung des Lehrstücks Wettersteine ab: Die gezielt ins Bewußtsein der Schüler gerückte Zeitdimension löst vielfach auch Zukunftsängste aus, die sich z. B. in folgenden Zitaten ausdrücken: 'In 10 Millionen Jahren ist alles mit Müll bedeckt' (auch in der Bildergeschichte einmal dargestellt), 'Es gibt dann keine Menschen mehr'. 'In 50 Mio Jahren gibt es nichts mehr wegen atomarer Verseuchung.' Sollte man den Blick in die Zukunft besser vermeiden? Nein, denn er gehört wesentlich zum Stück. Zudem sind solche Phantasien und Befürchtungen, die ja durchaus einen rationalen Hintergrund haben, durch Vermeidung nicht aus den Köpfen und auch nicht aus der Welt zu schaffen. Aber kann man solche Äußerungen um der thematischen Linie willen unkommentiert im Raum stehen lassen? - sicher nicht!

3. Der Gegenstand und seine Wirkung: Unterrichtsentwürfe bergen immer die Gefahr, ein übersichtliches Gedankengerüst im Kopf des Lehrers zu sein, welches sich jedoch nur bruchstückhaft oder gar nicht auf die Schüler überträgt. Dieser bedenkenswerte Vorbehalt gegen Unterrichtskonzepte ist mir oft in Gesprächen über das Lehrstück Wettersteine begegnet. Wie, wenn die Schüler einen anderen Weg gehen, andere Zusammenhänge herausgreifen und mein *mir* klar erscheinendes Bild eher verwirrend finden? Widerspricht sich Wagenschein nicht selbst, wenn er einerseits für das entdeckende Lernen mit unbestimmtem Verlauf plädiert, andererseits aber paradigmatisch Lehrstücke an die Hand gibt?

„Der wirkende Gegenstand ist eigentlich erst der Stoff des Lehrers.“ formuliert Walter Dörfler (in Berg/Schulze 1995, S. 184) treffend. Diese Erkenntnis löst den scheinbaren Widerspruch auf. Wagenscheins Beispiele sind, ebenso wie die vier hier vorgestellten Schilderungen, keine pedantisch ausgewiesenen Pfade zur Erkenntnis, sondern vielmehr Expeditionsberichte. Eine Idee, ein Konzept wird erst durch die Erfahrung mehrerer Durchgänge zum Lehrstück (vgl. Editorial Schulze/Berg). Erst im Zusammenprall des Gegenstandes mit den immer wechselnden Individuen wird seine Wirkung sichtbar. Im kontinuierlichen Umgang mit dem wirkenden Gegenstand offenbaren sich psychologische Gesetzmäßigkeiten und verborgene sachgenetische Strukturen. Hilfreich beim Aufspüren solcher Konstanten ist der Blick in die Wissenschafts- und Didaktikgeschichte, denn gerade die dankbaren Lehrstückthemen haben ja meist schon eine lange Wirkungsgeschichte. Die Phänomene, welche schon früh Erstaunen, For-

schungsdrang und Dispute auslösten, können auch heute noch Anstoß zu Erkenntnisprozessen sein. Aber auch eine mit zunehmender Erfahrung sich abzeichnende idealtypische Form eines Lehrstückes darf niemals zu einem starren Schema werden. Darstellbar ist jedoch eine Lehrstückfabel, wie sie im Kapitel 'Zentrale Bauelemente' gegeben ist. Sie enthält die in der Erprobung gewachsene dramaturgische Linie, die das Wesen des Lehrstücks ausmacht.

Doch auch die Lehrstückfabel bleibt für die in weiteren Durchgängen gesammelten Erfahrungen offen. Neben diesem didaktischen Zuwachs gibt es eine Reihe weiterer Modifikationen: Zunächst sind dies die **Anpassungsvarianten**: Lerngruppensituation, Altersstufe, pädagogisches Konzept der Schule, Landschaft des Schulstandortes etc. verlangen jeweils eine neue Inszenierung. Außerdem gibt es grundsätzliche Unwägbarkeiten, die in der **Individualität der beteiligten Personen** begründet sind und jedem Unterrichtsverlauf eine unverwechselbare und nicht reproduzierbare Gestalt geben. Hinzu kommen **zeitgeschichtlich bedingte Faktoren**, wie ein verändertes Selbst- und Wissenschaftsverständnis der Gesellschaft. Letzteres ist für das Thema Erdgeschichte von besonderer Bedeutung. Hauptverantwortlich ist die multimediale Informationsflut, die zu einer weitgehenden Entzauberung der Welt, aber auch zu einer passiven und kritiklosen Wissensaneignung erzieht. Wer hat noch Geduld zum genauen Beobachten, wenn das Wissen mundgerecht serviert wird? Folge dieser Trägheit ist ein unverdautes Oberflächenwissen und nicht selten auch ein Scheinwissen, das sich vor die Phänomene stellt. Selbst Dinge, die man durch eigene Beobachtung leicht prüfen könnte, werden durch solches Scheinwissen verstellt (vgl. Wagenscheins Beispiel 'Mondsichel' 1992). Erstaunliche Phänomene, die früher gebannt beobachtet wurden, sind infolge sachlich kommentierter Bilder einer scheinbar vollkommen unproblematischen Trivialität gewichen: Mit Leichtigkeit schiebt sich in der Computersimulation der afrikanische Kontinent unter Europa. Diese abgeklärte Gelassenheit läuft den Absichten des genetischen Lehrens diametral entgegen. Andererseits ist Wagenscheins Ansatz gerade in dieser Situation sehr wichtig, denn er versucht, diese konsumierende Trägheit aufzubrechen.

Das oben Skizzierte zeigt sich etwa an folgendem Beispiel: Irgendwann im Verlauf des Lehrgangs fällt mit Sicherheit das Stichwort 'Kontinentalverschiebung'. Man muß selbstverständlich auf einen solchen Vorschlag in der Gebirgsbildungsfrage eingehen, würde aber das entdeckende, vorwiegend auf eigener Erkenntnisarbeit beruhende

Verfahren unterbrechen, ginge man auf diesem Weg weiter. Ein Pfad zurück zum eigenen Beobachten und Entdecken geht über die strenge Beschränkung auf das Phänographische (Was kannst du hier und jetzt sehen? Welche Beispiele kannst du uns authentisch berichten?) und das sokratische Prinzip (Ist dein Argument gegen hartnäckiges Fragen gefeit? Kannst du deinen Standpunkt verteidigen?). In einem Lehrgang, der sich an den hier dargestellten anschließen ließe, könnte man auch den Stier bei den Hörnern packen (s.u.). Es würde sich herausstellen, daß kaum jemand die Theorie auch nur in den Grundlagen verstanden hat. Dies wird schon durch Ausdrucksweise 'Kontinentaldrift' offenbar; der Begriff beruht auf der inzwischen korrigierten Theorie Alfred Wegeners.

4.Anmerkung zur Plattentektonik: Abgesehen von dem zuvor genannten Aspekt darf die hier enthaltene Schwierigkeit in Wagenscheins Konzept nicht übersehen werden. Das Problem hat eine didaktische und eine fachliche Komponente:

Wagenscheins 'Erdgeschichte' erschließt die Ursachen der Einbuchtung, nicht aber die Ursachen der Hebung. Es geht stets um das 'Wie' der Hebung (Cuvier: Katastrophen, Lyell: Langsame Hebung). Die Ursachen der Hebung werden letztlich nur durch das Modell der Plattentektonik berührt, welches Wagenschein in diesem Zusammenhang jedoch nicht erwähnt. Zumindest dessen Vorläufer, Wegeners Driftmodell, mußte Wagenschein gekannt haben.

Zur sachlichen Frage: Weshalb spricht Wagenschein hier von Ursachen der Hebung, wenn die Ursachen doch gar nicht in Betracht gezogen werden? Entschuldigung wäre hier das Bemühen um Authentizität anzubringen, denn auch Cuvier und Lyell sprechen von Ursachen, ein Sprachgebrauch, der von einer gewandelten Sicht des Ursachenbegriffs zeugt.

Zur didaktischen Frage : Weshalb erwähnt Wagenschein weder Wegener noch Plattentektonik? Weshalb zieht er dies nicht in seinen Schwung mit ein? Hat er es schlichtweg übersehen oder steckt dahinter eine didaktische Begründung? Da dies vorerst nicht zu klären ist, bleibt es der Verantwortung der Bearbeiter überlassen, ob sie das Stück an dieser Stelle weiterdichten. Würde Wagenscheins 'Schwung' dadurch zu Ende geführt oder zerstört? Es gibt für beides gute Argumente: Einerseits scheint es fraglich, ob es didaktisch sinnvoll ist, den Schülern die Plattentektonik und damit die eigentliche Ursache der Hebungsdynamik vorzuenthalten, zumal doch gerade dieses Themenfeld schon so intensiv behandelt wurde. Eine völlige

Abdrängung in die entsprechenden Studiengänge ist ohnedies illusorisch und unverantwortlich. Wer das Modell nicht fachdidaktisch kompetent in der Schule vermittelt bekommt, lernt es aus anderer Quelle und dann oft in verkürzter, oberflächlicher oder sogar falscher Form. Auch das Argument, das Thema sei für die Unterstufe zu komplex, ist nicht überzeugend. Es gibt genügend Beispiele gelungener didaktischer Reduktionen. Die Frage bleibt also nur noch, ob das Thema an den Schluß der 'Wettersteine' gehört. Auch in Anbetracht der genannten Argumente möchte ich die Plattentektonik nicht in die Wettersteine integrieren. In angemessener Tiefe behandelt, geht es nicht nebenbei. Ein phänographischer Weg ist denkbar, erfordert dann aber eine umfangreiche und wirklich komplexe Kette von (allerdings sehr interessanten) Phänomenen, die sich letztlich zu einem Indizienbeweis fügen. Der Weg von Wegeners Entdeckung der Kontinenten-Paßform bis zum heutigen Modell der Plattentektonik ist ein spannendes Stück Forschungsgeschichte. Protagonisten wären Wegener, auch Charles Darwin, Eduard Sueß und viele andere, die oft unter Einsatz ihres Lebens mit kriminalistischem Scharfsinn an die Aufklärung geheimnisvoller Phänomene gingen.

Das Lehrstück in der hier vorgestellten Form ist durchaus eine abgeschlossene Einheit, solange das Zusammenwirken von Hebung und Abtragung das Zentrum der Betrachtung bilden. Die Ursachen der Hebung spielen in diesem Zusammenhang keine Rolle. Es spricht jedoch nichts dagegen, eine Unterrichtseinheit Plattentektonik, - vielleicht auch in Lehrstückform mit dem oben angedeuteten Duktus - in das durch die 'Wettersteine' bereitete Feld zu pflanzen.

