

# JuniorAkademie Adelsheim

## 15. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2017



**Astronomie**



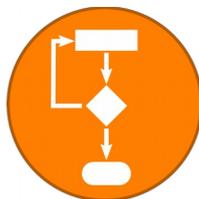
**Chemie**



**Geophysik**



**Geschichte/  
Amerikanistik**



**Informatik**



**TheoPrax**

**Dokumentation der  
JuniorAkademie Adelsheim 2017**

**15. Science Academy  
Baden-Württemberg**

**Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2017:**

Regierungspräsidium Karlsruhe  
Abteilung 7 –Schule und Bildung–  
Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4245

Fax.: (0721) 933 40270

[www.scienceacademy.de](http://www.scienceacademy.de)

E-Mail: [joerg.richter@scienceacademy.de](mailto:joerg.richter@scienceacademy.de)  
[monika.jakob@scienceacademy.de](mailto:monika.jakob@scienceacademy.de)  
[rico.lippold@scienceacademy.de](mailto:rico.lippold@scienceacademy.de)

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 15. JuniorAkademie Adelsheim 2017 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von  $\text{\LaTeX}$  gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Copyright © 2017 Jörg Richter, Dr. Monika Jakob

# Vorwort

Seit nunmehr 15 Jahre findet die Junior Akademie Adelsheim im Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim statt. Der offizielle Startschuss für die diesjährige Akademie fiel schon mit dem Initiationstreffen im Januar, doch das erste Zusammentreffen der Kursleiter, Schülermentoren, Leiter der kursübergreifenden Angebote (KüAs) und 72 Teilnehmerinnen und Teilnehmern fand im Juni statt: Gemeinsam legten sie am Eröffnungswochenende den Grundstein für die erfolgreiche Kursarbeit der zweiwöchigen Sommerakademie. Im Oktober wurden Ergebnisse und Erlebnisse am Dokumentationswochenende festgehalten, das zugleich ein schönes Wiedersehen und ein Abschluss der Junior Akademie Adelsheim war.

In den Kursen, die im Rahmen der Junior Akademie angeboten werden, bekommen die Jugendlichen die Möglichkeit, wissenschaftlichen Fragestellungen auf den Grund zu gehen, eigenständig zu arbeiten und die aufgeworfenen Fragen zu beantworten. Die Teilnehmer profitieren nicht nur von einem fachlichen Wissenszuwachs und neu erlerntem Methodenwissen, sondern entwickeln sich auch auf persönlicher Ebene weiter. Neue Freundschaften gehören ebenso zu den Dingen, die die Teilnehmerinnen und Teilnehmer von der Akademie mitnehmen, wie auch ein gestärktes Selbstbewusstsein und das Erlangen einer neuen Entwicklungsperspektive. Dies reflektieren die Jugendlichen auch für sich in der abschließenden Evaluation.



Das Erlangen eines neuen Standpunktes spiegelte sich auch in dem diesjährigen Motto der Akademie „Horizonte“ wider: Seit dem Eröffnungswochenende begleitete uns dieses Motto in Form von wunderschönen von vielen Teilnehmern eingesendeten Bildern zu diesem Thema, passenden philosophischen Gedanken und Sprüchen sowie gemeinsamen Aktionen durch die Akademiezeit.

In jedem Kurs fand sich das Thema „Horizonte“ wieder: Der Astronomiekurs blickte nachts regelmäßig an den Himmelshorizont, die Geophysiker klärten darüber auf, dass es Gesteinshorizonte auch unter der Erdoberfläche gibt, und die Chemiker beschäftigten sich mit einem Horizont, der viel kleinere Dimensionen hat, den Nanopartikeln. Im Kurs Geschichte-/Amerikanistik setzten die Kursteilnehmer sich damit auseinander, wie eingeschränkt der geistige Horizont beispielsweise während der Hexenverfolgung war, in nur wenigen Disziplinen verändert sich der Horizont so schnell wie in der Informatik und im TheoPrax-Kurs vermischten sich zwei Horizonte zu einem Gesamtkonzept.

Das Motto sollte Anlass zum Reflektieren und Nachdenken sein, aber auch besonders die schönen Momente der Akademiezeit und das ganz besondere „Akademiegefühl“ begleiten und einrahmen. Wie sich der Horizont aller Teilnehmer während der Akademie verändert hat, wird jeder für sich selbst herausfinden, aber obwohl mit der Dokumentation die Akademie zu Ende gegangen ist, geht es hinterm Horizont ja immer weiter, und wir hoffen, dass für alle an der Akademie Beteiligten die Zeit in Adelsheim noch lange in guter Erinnerung bleiben wird.

Aber jetzt wünschen wir euch viel Spaß beim Lesen, Schmökern und Erinnern!

Eure/Ihre Akademieleitung

Johanna Kroll (Assistenz)

Rebecca Ulshöfer (Assistenz)

Dr. Monika Jakob

Jörg Richter

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b>	<b>3</b>
<b>KURS 1 – ASTRONOMIE</b>	<b>7</b>
<b>KURS 2 – CHEMIE/PHARMAZIE</b>	<b>31</b>
<b>KURS 3 – GEOPHYSIK</b>	<b>47</b>
<b>KURS 4 – GESCHICHTE/AMERIKANISTIK</b>	<b>71</b>
<b>KURS 5 – INFORMATIK</b>	<b>93</b>
<b>KURS 6 – THEOPRAX</b>	<b>109</b>
<b>KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE</b>	<b>129</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>147</b>
<b>BILDNACHWEIS</b>	<b>148</b>



## Kurs 3 – Unser wilder Heimatplanet: Vulkane und Erdbeben



### Unser Kurs

**Caro** Die geheimnisvolle, vernünftige Caro leistete oft im Hintergrund enorme Arbeit und schüttelte grinsend den Kopf, wenn Dominik wieder Unmengen an Magnesium zur Thermit-Mischung gab. Mit ihrer ruhigen, gefühlvollen Ausstrahlung brachte sie oft Ordnung ins Chaos.

**Dominik** Als verrückter Pyromane und Klebeband-Liebhaber machte er mit uns viele Experimente mit Rumms. Dabei stellte er seine eigene Sicherheit eher in den Hintergrund und rannte oft erst in die falsche Richtung davon oder zündete das Vulkanmodell einfach eher unkonventionell an. Dies tat jedoch seiner Kompetenz als Leiter keinen Abbruch.

**Tobias** Häuptling Großes Wumms-Bumms opferte viel Zeit und Stimme für uns, z. B. beim Sportfest und beim Zusammenführen der Präsentationen. Während des Kurses sorgte er mit vielen Spielen immer wieder für Stimmung, aber auch Inhalte hat er uns gut vermittelt. Unseren schiefen Gesang untermalte er stets mit Beatboxing. Ohne ihn wäre diese großartige Zeit nicht möglich gewesen, denn er ist der Kleber, der uns zusammenhält.

**Anika** Die selbstbewusste Anika war auch unter dem mehr als zutreffenden Spitznamen ADHS-Biber oder Hamster bekannt und sorgte immer für Motivation. Sie war immer gut gelaunt und konnte das Team auch nach den wenigen missglückten Experimen-

ten aufmuntern. Und als es Gurke gab, war sie auch immer sofort dabei, und die Laune wurde noch besser.

**Bennet** Der begeisterte Bennet war nicht nur der ruhige Ausgleich zu Anika, sondern auch ein echter Bastler. Er half bei den Vulkanmodellen viel mit und war aus unserem Kurs der beste Tänzer. Beim Bergfest entpuppte er sich als echte Stimmungsbombe.

**Daniel** Ein Job bei der NSA wäre wahrscheinlich eher nichts für Daniel, vor lauter Aufregung ist schon mal das eine oder andere Geheimnis unseres Kurses nach außen gelangt. Auch Trainer wäre wahrscheinlich nichts für ihn, seine Stimme war nach dem Sportfest fast so kaputt wie die von Tobias.

Was bleibt denn dann noch? Genau: Architekt für gefährliche Geophysikmodelle oder ein Job als Stickstoffkeks-Drache, das wäre genau das Richtige für ihn.

**Hanna** Immer um ihre Snapchatflammen bedacht, hatte sie stets das Handy parat, mit dem sie uns mit ihrer Musik beglückte. Wenn sie anfang zu singen, machte jeder mit, bis wir ein großer singender und tanzender Haufen waren. Wir alle denken, dass Hanna wirklich social ist, und auch das hat unseren Kurs ausgemacht.

**Julian** Hörte man die Worte „Check this aus“, wusste man, Julian ist am Start. Er hat eine raue Schale, doch lernte man ihn besser kennen, erkannte man, dass sich hinter seiner Gangsterfassade ein wirklich „litter“ Typ befand, der viel zu unserem Kurs beigetragen hat.

**Juliane** Die Organisierte, der Toffifan, die Selfie-Queen, das beschreibt Juju am besten. Aber auch sie war immer glücklich und gut gelaunt. Zwar mied sie die ansonsten heiß begehrten Gurken, verschlang dafür aber mit großer Freude Buchstabenkekse und Toffifee.

**Lukas** Sein badischer Dialekt hinderte ihn nicht daran, Experimente zu planen und auszuführen, auch wenn sie nicht immer glatt gingen. Die vielen Versuche ließen auch sein Chemikerherz höher schlagen.

Trotz seines vorübergehenden „Gehörschadens“ konnte er immer mitlachen und eine zweistündige Chemie-KüA veranstalten.

**Lennart** Ein fester Bestandteil unseres Kurses war Lennart alias „LenNerd“, der als bekennder „Kurpälzer“ mit seinem sächsischen Dialekt sehr oft für unsere Lachflashes verantwortlich war. Unser kleiner Filmproduzent wäre super für einen Job bei der Apothekenumschau geeignet, da er mithilfe unseres kurseigenen Chors die Werbung der Apothekenumschau perfekt nachahmen konnte.

Seine Vorliebe für Buchstabenkekse erkannte man an den leeren Packungen, doch bedenke: Das I schmeckt am besten!

**Melina** Sie hatte immer passende Kommentare parat und machte die besten Raptexte, was sie uns anhand eines zusammen gedichteten Geophysik-Raps zeigte. Beim Bau der Vulkanmodelle rührte sie mit Perfektion die Spachtelmasse an. Außerdem war sie DIE Fotografin, weshalb wir jetzt viele schöne Erinnerungen haben.

**Merit** Wenn du eine klare Meinung hören willst, geh zu Merit, sie kommt damit direkt heraus, wenn du sie mit zwei Gurken bestichst. Unsere gute Seele war eine super ZuhörerIn und ging auf jeden und alles ein. Ohne sie wären viele Experimente nicht so gut gelungen.

**Romie** Beim Bergfest war unsere Limbo-Queen eine absolute Tanzmaus. Mit ihrer lauten und starken Stimme war sie nicht nur bei unserem Schlachtruf unüberhörbar, sondern verschaffte uns bei der Präsentation eine Extraportion Toffifee. Bei unserem internen Kursspiel Ninja war sie immer eine der Besten.

**Simon-Luca** Ging man Simon-Luca mal auf die Nerven, musste man schleunigst „die Kresse halten“, um nicht von einer Erde getroffen zu werden. Trotzdem war er ein guter Kumpel und erstellte einen Kursfilm, natürlich mit Linkin-Park-Musik. Kleister anrühren muss er noch üben, aber ansonsten hat der den Kurs gerockt.

## Vorwort

TOBIAS VAN LIER

Fünfzehn Leute. Zwei Wochen. Drei Räume. Zwei Regentonnen. Drei Spachtelmassenberge. Ein Hexenkessel. 14 Plastikflaschen. 69 Tischtennisbälle. 100 Liter Stickstoff. Unzählbare Toffifee. Und ein Ruf: ACHTUNG! – SPRENGUNG! – ACHTUNG! – SPRENGUNG! – ACHTUNG! – SPRENGUNG!

Der lauteste Kurs waren unumstritten wir: Sowohl wenn wir mit unserem Schlachtruf den Eckenberg zum Wackeln brachten, als auch, wenn eine unserer explosiven Vulkansimulationen in ganz Adelsheim die Fenster klirren ließ, übertönten wir selbst die omnipräsenten Geräusche der Baumaschinen mit links.

Mit zwölf hochmotivierten und -interessierten Teilnehmern, einem pyromanischen Kursleiter, einer nervenstarken Kursleiterin und einem Schülermentor, dessen Stimme zunehmend abnahm, konnte man in zwei Wochen sehr viel Spaß haben! Innerhalb kürzester Zeit entstanden nicht nur neues Fachwissen und geniale Ideen für Experimente, sondern vor allem feste Freundschaften und ein großartiges Team, in dem wir alle gemeinsam viel lachen, lernen und ausprobieren konnten.

Die Ergebnisse unserer intensiven Forschungsarbeit sind in dieser Dokumentation festgehalten. Nach dem Lesen besteht sicher kein Zweifel mehr, dass die gerechtfertigte Antwort auf die Frage „WER IST DER COOLSTE KURS?“ das bestimmteste und lauteste „WIR!“ ist, das Adelsheim je gehört hat.

## Fossiliensuche am Eröffnungswochenende

BENNET KNINIENIEDER

Schon am bei unserem ersten Treffen haben wir mit den praktischen Teilen unseres Kurses begonnen, wie zum Beispiel dem „Steineklöpfen“, genauer gesagt der Fossiliensuche auf der Baustelle, die das Akademiegelände durchzog. Bevor es losgehen konnte, mussten wir aber noch einige theoretische Dinge zum Thema

Fossilien kennenlernen, denn sonst hätten wir gar nicht gewusst, wonach wir suchen sollten. Fossilien sind ganz allgemein sehr alte Überlieferungen des Lebens auf der Erde. Dabei kann es sich um in Stein bzw. Mineralien erhaltene Überreste der Körper von Lebewesen handeln, aber auch um Überbleibsel der Spuren vergangenen Lebens, sogenannte Spurenfossilien.

Doch wie entstehen Fossilien? Das kann z. B. für eine Schnecke folgendermaßen ablaufen: Nach ihrem Tod gelangen ihre Überreste auf den Grund des Meeres. Das weiche Körpergewebe wird abgebaut. Die übriggebliebene harte Schale aber eingebettet und mit der Zeit von immer mehr Sedimentschichten überdeckt. Der Hohlraum in der Schale wird durch Sediment aufgefüllt. Irgendwann schließlich verwittert auch die harte Schale oder wird aufgelöst, und nur ein Ausguss im Gestein bleibt übrig, quasi eine Kopie des Inneren der Schnecke. Nach der Verfestigung der Sedimente kann diese Kopie als sogenannter Steinkern die Zeiten überdauern. Ein ähnlicher Vorgang kann auch bei Spuren von Lebewesen wie Grab- oder Fraßgängen auftreten. Hierbei wird ebenfalls der entstandene Hohlraum durch Sediment aufgefüllt und bleibt somit als Spur im Gestein erhalten.



Spurenfossilien im Muschelkalk (zum Größenvergleich ein 1-Cent-Stück).

Immer wenn wir bei unserer Suche ein Fossil (oder etwas verdächtig aussehendes) entdeckten, spülten wir es grob mit Wasser ab, damit wir besser entscheiden konnten, welche Fundstücke es überhaupt wert waren, später mit in den Kursraum geschleppt zu werden. Dort angekommen reinigten wir unsere Funde noch



Steinkern eines Ceratiten aus dem Muschelkalk

einmal gründlicher und entfernten Dreck oder Moos, damit wir sie genauer bestimmen konnten. Relativ häufig waren dabei die Fossilien von Tieren, die zu ihren Lebzeiten harte Schalen besessen hatten. Dazu zählten als besonders interessante Funde Ceratiten und Nautiliden. Ceratiten sind frühe Vertreter der Ammoniten. Diese wiederum sind eine Teilgruppe der Kopffüßer, die vom Devon bis zum Ende der Kreidezeit existierte, wobei die Ordnung der Ceratiten vor allem in der Trias verbreitet war. Die Nautiliden des Muschelkalks sind Verwandte des Perlbootes, das es auch heute noch gibt. Besonders häufig fanden wir jedoch auch Muscheln oder Brachiopoden, die oft in ganzen Haufen im Gestein zu entdecken waren. Darüber hinaus fanden wir den Zahn eines Hais, vermutlich aus der Gattung *Hybodus*, und viele Spurenfossilien, die wie kleine Schlammwürstchen im Gestein aussahen.

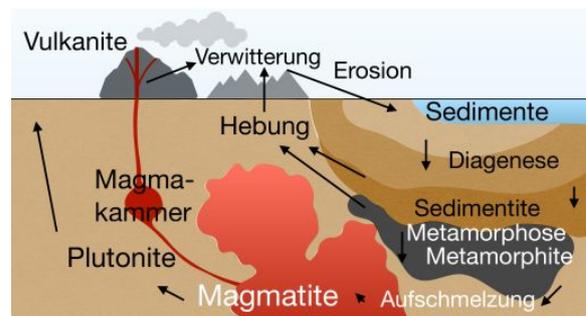
## Der Gesteinszyklus

MELINA PATZARTZIS

Fossilien kommen in manchen Gesteinen gar nicht so selten vor. Steine finden wir überall in unserem Alltag, dennoch beachten wir sie

kaum. Sie interessieren uns nicht, obwohl sie ein Fundament des Lebens auf der Erde sind. Gesteine ermöglichen es uns, einen Blick in die Geschichte unseres wundervollen Heimatplaneten zu werfen. Für uns Geophysiker waren sie natürlich von großer Bedeutung, da sie uns halfen, die Erde besser zu verstehen. Steine sind keine unveränderlichen, harten Brocken, stattdessen verändern sie sich stetig und befinden sich immer auf einer riesigen, nie endenden Reise, dem Gesteinszyklus.

Wie der Name schon sagt, ist der Gesteinszyklus ein Kreislauf. Solche Zyklen finden wir immer wieder in der Natur, wie zum Beispiel beim Wasserkreislauf. Im Prinzip ist der Gesteinszyklus nichts anderes, nur dass er mit Gesteinen vonstattengeht und oft Millionen Jahre dauert.



Schematische Darstellung des Gesteinszyklus.

An der Erdoberfläche verwittern die Gesteine, das bedeutet, sie werden zersetzt und zerkleinert. Dies geschieht durch das Wetter, Temperaturschwankungen, Druckentlastung und chemische Prozesse. Die zerkleinerten Gesteinstücke werden nun von Wind und Wasser abgetragen und an anderen, meist tiefergelegenen Stellen wieder abgelagert. Diese Vorgänge nennt man Erosion, Transport und Sedimentation. Das zerkleinerte Material schichtet sich dabei zu Sedimenten auf.

Manchmal, z. B. im Meer, können aber nicht nur Gesteinsbruchstücke, sondern beispielsweise auch die Überreste verschiedener Lebewesen zu Sedimenten werden. Diese zuerst noch lockere Aufschichtung wird von weiteren Sedimentschichten immer weiter zusammengepresst und verfestigt sich schließlich. Durch die sogenannte Diagenese werden die Sedimente zu Sedimentiten.

Wandert ein Sedimentit in noch größere Tiefen, erhöht sich der Druck, und die Temperatur steigt. Dadurch ändert sich das Mineralgefüge, und der ehemalige Sedimentit wird in ein Metamorphit umgewandelt. Dieser ganze Prozess der Umwandlung wird auch Metamorphose genannt. Gelangen Metamorphite nun noch tiefer in die Erde hinein, ist die Temperatur so hoch, dass sie aufschmelzen. Dieses flüssige Gestein nennt man Magma. Das aufgeschmolzene Gestein mischt sich dabei manchmal auch mit Material aus noch tieferen Schichten.

Das Magma hat eine hohe Temperatur und eine geringere Dichte als das Material, das es umgibt. Dadurch kann es aufsteigen und wieder in kühlere Bereiche gelangen. Dort erstarrt es, und es entstehen die sogenannten Magmatite oder Erstarrungsgesteine. Das Magma hat dabei die Möglichkeit, langsam in der Tiefe zu erstarren, ohne an die Erdoberfläche zu kommen. Diese Gesteinsart wird Tiefengestein oder auch Plutonit genannt. Das Magma kann aber auch durch eine Vulkaneruption an der Erdoberfläche als Lava austreten und dort erkalten. Ist das der Fall, sprechen wir von einem sogenannten Vulkanit, auch Ergussgestein genannt. Vulkanite kann man häufig an ihrer großporigen Struktur erkennen. Diese ist Folge von Gasen, die in dem Magma enthalten waren, jedoch keine Zeit hatten zu entweichen. Was sie zurücklassen, sind dann blasenartige Hohlräume im Gestein.

Laut dieser Beschreibung des Gesteinszyklus könnte man denken, dass an der Erdoberfläche nur vulkanische Gesteine zu finden sein sollten. Dies ist aber nicht der Fall, denn es gibt dort auch Tiefengesteine sowie Sedimentgesteine und metamorphe Gesteine. Der Grund dafür ist, dass jede Gesteinsart innerhalb des Zyklus gehoben werden kann. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn es aufgrund der ständigen Bewegung der Erdplatten zur Gebirgsbildung kommt, die eine der Gesteinsarten hebt und somit wieder der Verwitterung aussetzt. Die Gesteine können auch in einem Zwischenstadium gehoben werden. Passiert dies, und das Gestein verwittert, so laufen viele physikalische wie auch chemische Prozesse anders oder gar nicht ab, und so wird es mit der Zeit schwerer, jedes Gestein streng kategorisch einzuordnen.

## Innerer Aufbau der Erde

JULIAN KRAMER

Die Ursache für den Gesteinszyklus sowie viele andere Phänomene der Geophysik, vor allem auch Erdbeben und Vulkane, hängt mit dem inneren Aufbau der Erde zusammen. Zunächst haben wir uns die Schichttheorie näher angesehen. Sie ist eine allgemein anerkannte Theorie darüber, dass unsere Erde aus mehreren (häufig unterscheidet man fünf) verschiedenen Schichten besteht. Und so haben wir eine unserer wenigen Theoriestunden (eher halbe Stunden) damit verbracht zu lernen, dass die Erde aus Erdkruste, oberem Erdmantel, unterem Erdmantel, äußerem Kern und innerem Kern besteht.

Dabei haben uns aber vor allem die Unterschiede zwischen diesen Schichten interessiert. Und so haben wir mithilfe von geduldigen Kursleitern und bequemen Stühlen gelernt, dass die Schichten sich zunächst in ihrer Konsistenz unterscheiden: So sind Teile des Erdmantels plastisch, während der äußere Kern flüssig und der innere fest ist. Der Erdkern weist aber noch eine weitere Besonderheit auf: Er besteht, wie Dominik uns erzählte, zu einem nennenswerten Teil aus Eisen und Nickel. Das liegt an der Gravitation, denn diese zieht schwere Elemente nach unten (zum Erdmittelpunkt), weswegen an der Erdoberfläche eher leichte Elemente und ihre Verbindungen zu finden sind.

Konsistenz und Zusammensetzung sind aber nicht die einzigen Unterschiede, die es bei den Schichten gibt. In einer weiteren Theoriephase konnten wir zwei weitere Unterschiede kennenlernen: die Temperaturdifferenz und den Druckunterschied. Die Temperatur im Inneren der Erde ist sehr hoch, da sie eine gewisse Primärwärme noch aus der Zeit ihrer Entstehung gespeichert hat, erklärte uns Tobias. Außerdem erfuhren wir, dass durch radioaktiven Zerfall von schweren Elementen wie Uran oder Thorium Energie freigesetzt wird.

Als die Frage aufkam, ob das Erdinnere über die Zeit auskühlt oder sich sogar erhitzt, konnte uns Dominik beruhigen, denn die Erde verliert zwar Energie, aber das nur sehr langsam, da die Erde im Vergleich zu ihrer Oberfläche ein relativ

großes Volumen zur Hitzespeicherung hat. Das heißt, das Innere der Erde bleibt noch eine lange Zeit warm, bevor es so kühl wird wie die Oberfläche des Mondes oder eine Tiefkühlpizza.

Aber wie vorhin erwähnt, steigt nicht nur die Temperatur im Inneren der Erde, sondern auch der Druck. Das ganze hängt wieder mit der Gravitation zusammen. Dominik erklärte uns, dass durch die Gravitation die Materie in Richtung Erdmittelpunkt (Erdkern) gezogen wird. So steigt der Druck, je weiter man in das Erdinnere vordringt. Zum Glück hatte Caro eine passende Vereinfachung parat, dass nämlich einfach mehr Material über einem liegt, wenn man im Erdinneren ist. Deswegen ist vermutlich auch der innere Erdkern fest, da der Druck dort so hoch ist, dass sich das Material nicht mehr verflüssigen kann.

## Plattentektonik

LENNART LAQUA

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Erdschichten haben faszinierende Konsequenzen auch an der Erdoberfläche. Die Erdkruste und der oberste Teil des Erdmantels, die man zusammen auch als Lithosphäre bezeichnet, bestehen aus einzelnen Platten. Diese Kontinentalplatten verweilen nicht starr an einem Ort, sondern sind in ständiger Bewegung. Das nennt man Plattentektonik. Unter den Kontinentalplatten dagegen steigt durch Konvektion heißes Material im Erdmantel auf und kühleres sinkt ab.

Diesen Vorgang darf man sich wie eine kochende Suppe vorstellen. Das heiße Wasser sprudelt dabei nach oben, wird durch nachströmendes Wasser verdrängt, kühlt ab und sinkt wieder zu Boden. Auch in unserer Erde passiert genau das Gleiche. Heißes Material steigt nach oben, kühlt ab und sinkt an anderen Stellen wieder nach unten. Die Erdplatten darf man sich dann vielleicht so ähnlich vorstellen wie Fettaugen, die auf unserer Suppe aufschwimmen. Natürlich gibt es bei den genauen Mechanismen und Abläufen dann doch Unterschiede, vor allem aber dauert bei der Erde alles ein wenig länger: Die Geschwindigkeit, mit der sich die Platten

bewegen, ist vergleichbar mit der Wachstumsgeschwindigkeit unserer Fingernägel.

Es können sich jedoch nicht alle Platten in eine Richtung bewegen, was zwangsläufig dafür sorgt, dass sich Platten auch mal „in die Quere kommen“. Zum Beispiel bewegt sich zurzeit die indische auf die eurasische Platte zu, das heißt, es besteht hier eine konvergente Plattengrenze. Wenn sich Platten treffen, muss sich unweigerlich ein hoher Druck aufbauen, der dann auch für die Entstehung von neuen Bergen oder ganzen Gebirgen sorgt – im diesen Fall dem Himalaya.

Wenn an einer Plattengrenze ozeanische Kruste von kontinentaler Kruste „überfahren“ wird, taucht sie nach unten ab, wird wieder erwärmt und schmilzt. Diesen Vorgang nennt man dann Subduktion. Da die Oberfläche der Erde insgesamt gleich groß bleibt, bedeutet das aber auch, dass sich an anderen Stellen anscheinend laufend neue Erdkruste bildet.

Auch bereits bestehende Platten können nämlich auseinanderreißen und sich divergent voneinander wegbewegen. Zum Beispiel geschieht das gerade in Afrika. Dort ist ein Grabenbruch zu erkennen, eine sogenannte Riftzone. Dieser Spalt wird sich weiter vergrößern, bis sich dann die tektonischen Platten endgültig trennen. Allerdings sollte man im Hinterkopf behalten, mit welcher Geschwindigkeit das ganze voranschreitet, und muss sich daher erst mal keine Sorgen machen.

Worüber man aber tatsächlich beunruhigt sein kann, sind mögliche Erdbeben, die meist eine Folge der Plattentektonik sind. An den Grenzen können sich die Erdplatten sozusagen verhaken, was zu einem extremen Druckaufbau führt. Dieser Vorgang kann sich über Jahre und Jahrzehnte erstrecken, bis sich dann die beiden Platten ruckartig weiterbewegen. Es kommt zu einem Erdbeben. Dabei können sich die Erdplatten wenige Zentimeter bis einige Meter verschieben.

Weitere Ursachen für Erdbeben sind Vulkanausbrüche oder menschliche Eingriffe wie zum Beispiel Kernwaffentests. Meistens werden schwere Erdbeben jedoch wie beschrieben durch die Plattentektonik verursacht.

## Erdbebenwellen

MERIT NEIBIG

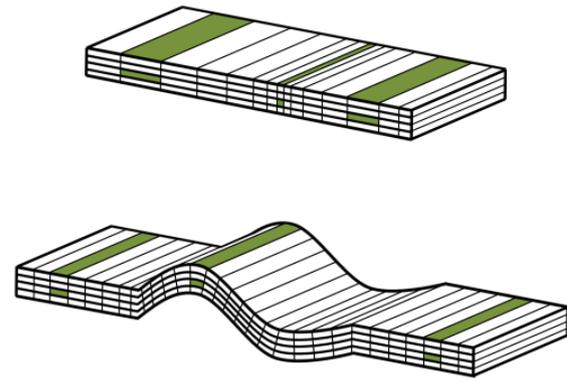
Ein solches Erdbeben gab es auch am 8. September 2017 in Mexiko, das eine Stärke von mehr als acht Magnituden erreichte. Dies konnte sogar in Deutschland gemessen werden. Doch warum kann man Erdbeben messen, die sich auf der anderen Seite der Erde ereignen? Bei der Suche nach Antworten auf diese Frage sind wir auf Wellen gestoßen, die bei einem Erdbeben ausgelöst werden.

Allgemein kann man zwischen drei unterschiedlichen Arten von Erdbebenwellen unterscheiden. Die sogenannten Primärwellen (P-Wellen) sind Longitudinalwellen, d. h. sie schwingen in Ausbreitungsrichtung. Eine solche Welle bewegt sich vorwärts, indem das Ausbreitungsmedium gestaucht und gestreckt wird. Die P-Welle wird auch als Druckwelle bezeichnet und ist die schnellste Form der Erdbebenwellen. Ein anderes Beispiel für Longitudinalwellen aus dem Alltag ist der Schall, dessen Wellen ebenfalls in Ausbreitungsrichtung schwingen.

Bei einem Erdbeben werden außerdem Sekundärwellen (S-Wellen) ausgelöst. Diese schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, sind also Transversalwellen. Ein Beispiel für Wellen, die sich transversal ausbreiten, ist das Licht. Bei Erdbeben können Sekundärwellen erst nach den Primärwellen gemessen werden, da sie sich langsamer ausbreiten.

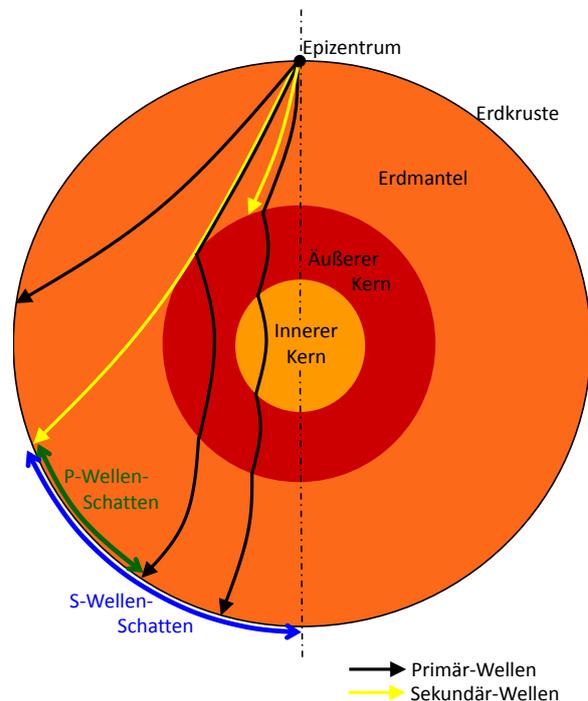
Im Gegensatz zu Primär- und Sekundärwellen bewegen sich Oberflächenwellen nicht wie räumliche Wellen durch die Erde, sondern breiten sich entlang der Erdoberfläche aus. Sie verursachen oft besonders starke Schäden an Gebäuden und Infrastruktur.

Aber nicht überall auf der Erde können die von einem Erdbeben ausgehenden Wellen gemessen werden. Das hängt mit dem inneren Aufbau der Erde und der unterschiedlichen Ausbreitung der Wellen zusammen. Longitudinalwellen können sich in festen, flüssigen und gasförmigen Medien ausbreiten. Transversalwellen hingegen durchdringen nur festes Material. Folglich können Sekundärwellen nicht durch den flüssigen äußeren Erdkern gelangen und daher nicht direkt auf der anderen Seite der Erde gemessen werden.



Ausbreitungsformen von Erdbebenwellen. Oben: Primärwellen breiten sich als Longitudinalwellen aus. Unten: Sekundärwellen breiten sich als Transversalwellen aus.

Mithilfe vieler Messstationen kann so berechnet werden, wie groß der äußere Kern ist, indem festgestellt wird, wie weit entfernt vom Entstehungsort eines Erdbebens noch Sekundärwellen registriert werden können.



Ausbreitung von Erdbebenwellen im Erdinneren

Primärwellen gelangen zwar durch den flüssigen äußeren Kern, trotzdem gibt es Wellenschatten, also Orte auf der Erde, wo weder Sekundär- noch Primärwellen gemessen werden können.

den können, denn wenn sich die Dichte des Ausbreitungsmediums ändert, werden die Wellen gebrochen. Folglich können die Primärwellen eines Erdbebens an einigen Orten der Erde nicht registriert werden, selbst wenn sie dem Entstehungsort des Erdbebens näher sind als andere Stellen, an denen die Erdbebenwellen aufgezeichnet werden können.

## Seismometer

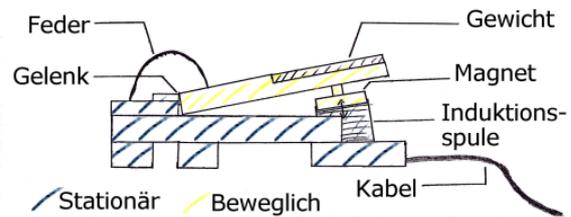
LUKAS HAMM

### Aufbau und Funktion

Erdbebenwellen kann man mithilfe eines Seismometers messen. Ein einfaches Seismometer besteht aus zwei grundlegenden Teilen, die sich unabhängig voneinander bewegen können: einem Gewicht und dem Gehäuse. Beide Teile sind mittels einer Feder verbunden. Wenn die Erde zu beben beginnt, dann bewegt sich das ganze Gelände um das Seismometer inklusive des Gehäuses. Das Gewicht bleibt aber erstmal auf seiner Position, da es eine hohe Masse besitzt und daher relativ träge ist. Somit bewegt sich das Gehäuse relativ zum Gewicht, bzw. das Gewicht relativ zum Gehäuse. Diese Bewegung lässt sich nun aufzeichnen, beispielsweise indem das Gewicht mit einem Magneten versehen wird.

Jeder, der sich jetzt noch an den Physikunterricht in der Schule erinnert, der wird jetzt an Induktion denken und genau richtig liegen! Der Magnet befindet sich nämlich in einer Spule, und wenn dieser sich jetzt relativ zur Spule bewegt beziehungsweise die Spule zum Magnet, dann wird in der Spule eine Spannung induziert, die sich messen lässt und somit am Computer aufgezeichnet und analysiert werden kann. Wer mitdenkt, würde jetzt aber auch ein Problem sehen: Wenn das Gewicht dann irgendwann anfängt mitzuschwingen, dann wird es wegen seiner Masse auch nachschwingen! Diese Annahme ist genau richtig. Deshalb funktionieren manche modernen Seismometer auch etwas anders, sie messen nämlich die Kraft, die nötig ist, das Gewicht mitschwingen zu lassen.

Moderne Seismometer können Schwingungen, also Erdbebenwellen, von etwa 50 Hz bis zu ei-



Schematischer Aufbau eines einfachen Seismometers.

ner Schwingung pro Stunde messen. Zum Vergleich: Unser Hörbereich liegt zwischen 20 Hz und 16 bis 19 kHz. Wichtig ist hierbei auch die Position des Seismometers und dessen Ankopplung ans Erdreich und seine Entkopplung von Störungen. Deshalb befinden sich Seismometer z. B. in Kavernen und sind durch Eisenstäbe tief im Erdreich verankert. Wichtig ist hierbei auch, dass am Seismometer keine Schwingungen durch lokale Störungen erzeugt werden. Eindeutige Ergebnisse erhält man aber sowieso nur durch den Vergleich mit anderen Stationen, denn wenn in der Nähe der Station z. B. Bauarbeiten stattfinden, können die Erschütterungen kleinen Erdbeben entsprechen. Zusätzlich können Position und Stärke des Bebens mit nur einer Station nicht so gut ermittelt werden.



Unser LEGO®-Seismometer. Die Plexiglasabdeckung dient dem Schutz vor Luftbewegungen.

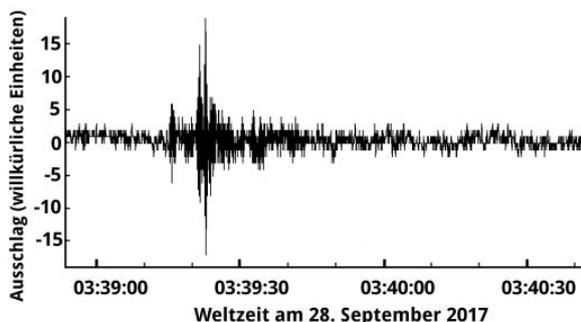
### Unser eigenes Seismometer

Wir wollten natürlich auch selbst Erdbeben messen und haben uns mit einem Bausatz ein einfaches LEGO®-Seismometer aufgebaut. Dieses sollte nach dem Bau eigentlich an einen Raspberry-Pi angeschlossen werden, der dann

ununterbrochen durchlaufen sollte. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Software lief das Ganze auch erstmal, aber nach mehreren Minuten Laufzeit hatte sich das Programm immer aufgehängt. Letztlich sind wir zum Schluss gekommen, dass der Pi wohl zu heiß wurde: Also Gehäuse ab und weiter. Das ging auch eine Weile gut, aber die Leistung des Pis war einfach zu schwach. Daher mussten wir auf einen Laptop umsteigen und siehe da, alles klappte wunderbar! Nun mussten wir das Gerät auch mal testen, also haben wir uns immer weiter von diesem entfernt und sind gesprungen. Die Ausschläge wurden immer geringer. Einmal haben wir sogar die ganze Akademie nach dem Essen in der Mensa hochspringen lassen. Leider wurden dabei keine Wellen aufgezeichnet, vielleicht weil sich die Mensa in einem anderen Gebäudeteil befand. Beim Abschlussfoto wiederholten wir den Test, aber auch hier waren die Ergebnisse nicht eindeutig positiv.

## Der Kernwaffentest in Nordkorea

Während der Akademiezeit wurde am 3. September 2017 in Nordkorea um 03:30 Uhr Weltzeit ein Kernwaffentest durchgeführt. Er löste ein Erdbeben mit der Magnitude 6,3 aus, und die Bombe hatte eine Sprengkraft von ca. 50–250 kT TNT-Äquivalent. Leider war unser Seismometer nicht in der Lage, dieses Ereignis aufzuzeichnen (aus technischen Gründen lief das Messprogramm zu diesem Zeitpunkt auch gar nicht), aber uns wurde einmal mehr bewusst, dass es auch menschengemachte Ursachen für Erdbeben geben kann.



Unser Seismogramm des leichten Erdbebens in der Region Darmstadt am 28. September 2017.

## Fortsetzung der seismischen Messungen

Wir haben bis zum Doku-Wochenende noch weiter gemessen, unser Seismometer stand dafür am Haus der Astronomie in Heidelberg. Leider haben wir das verheerende Erdbeben in Mexiko am 8. Spetember 2017 nicht nachweisen können, da das Seismometer unmittelbar nach dem Ende der Akademie noch nicht wieder aufgebaut war. Dafür konnten wir aber das Erdbeben am 28. September 2017 nahe Darmstadt aufzeichnen. Das Epizentrum dieses Bebens lag im Süden des Mühltaler Ortsteils Nieder-Beerbach. Das Erdbeben hatte eine Magnitude von 2,5 und war damit ein sehr leichtes Erdbeben. Anwohner beschrieben es wie eine Erschütterung durch einen vorbeirauschenden Zug.

## Vulkane

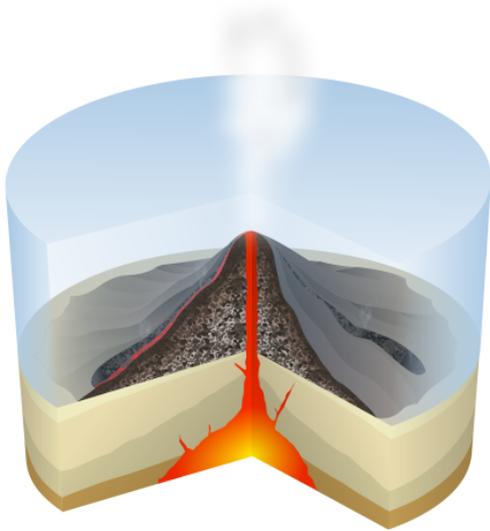
SIMON-LUCA SCHABEL

Zum Glück gibt es bei uns nur kleine Erdbeben und keine aktiven Vulkane. Dennoch sind Vulkane für Menschen schon sehr lange ein faszinierendes geologisches Phänomen. Viele Geschichten ranken sich um die feuerspeienden Berge. Lange wusste man nicht, warum es in manchen Gegenden viele Vulkane gibt und in manchen nicht. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde Licht ins Dunkel gebracht.

Die meisten Vulkane entstehen an Rändern tektonischer Platten. Ausnahmen sind Vulkane, die dort entstehen, wo sich eine Platte über einen sogenannten Hotspot bewegt. Dort heizt sich das Gestein so stark auf, dass es schmilzt und eine Magmakammer bildet. Von Zeit zu Zeit wird das Magma in einem Vulkanausbruch an die Erdoberfläche gefördert. Die Hotspots bleiben relativ lange an derselben Stelle. Die darüber liegenden Platten bewegen sich über sie hinweg. Im Laufe von Millionen von Jahren entstehen so Vulkan- und Vulkaninselnketten.

Einen Vulkanausbruch kann man nur schwer vorhersagen. Er kündigt sich erst kurz vorher zum Beispiel durch kleine Gasausströme und Erdbeben an.

Es gibt zwei für uns besonders wichtige Arten von Vulkanen: Schichtvulkane (Stratovulkane)



Schnittbild durch einen Vulkan. Bild: Wikimedia, Wikimedia-Nutzer Sémhur, CC-BY-SA

und Schildvulkane. Schichtvulkane sind meist explosive Vulkane. Das heißt vereinfacht gesagt, dass das Magma dort oft sehr zähflüssig ist und die gelösten Gase schwer entweichen können. Dadurch entsteht hoher Druck, der sich explosionsartig entladen kann.



Ausbruch des Eyjafjallajökull auf Island.  
Bild: „Eyjafjallajökull first crater 20100329“, Wikimedia, Wikimedia-Nutzer David Karnå, CC-BY

Schildvulkane sind dagegen meist effusive Vulkane, was bedeutet, dass das Magma oft dünnflüssig ist. Die Gase können leichter entweichen. Dadurch baut sich kein so hoher Druck auf und die Lava läuft aus dem Krater heraus. Unterschiede gibt es durch den Druckaufbau, die Umgebung, die Beschaffenheit des Magmas und die darin gebundenen Gase.

Zudem haben die Eruptionen unterschiedliche

Folgen. Während ein Schildvulkan oft relativ harmlos ausbricht, gibt es bei einer Eruption eines Schichtvulkanes weitaus größere bzw. folgenschwerere Auswirkungen. Wenn die Eruption explosiv ist, werden die Auswurfmaterialien wie zum Beispiel Lava, Asche oder auch Gesteinsbrocken, sogenannte Bomben, weit in die Höhe geschleudert. Das sieht beeindruckend aus, ist aber auch sehr gefährlich. So kann es zum Beispiel durch die Aschewolke ein großflächiges Flugverbot geben. 2010 wurde der komplette Flugverkehr in Europa wegen des Ausbruchs des Eyjafjallajökull gesperrt.



Ruinen von Pompeji, im Hintergrund der Vesuv.  
Bild: Wikimedia, Wikimedia-Nutzer Morn the Gorn, CC-BY-SA

Eine weitere Demonstration der Kraft der Vulkane konnte man im 18. Jahrhundert sehen. Ein Vulkanausbruch auf Island sorgte in Europa für einen besonders strengen Winter. Viele Flüsse froren zu, wodurch sich das Wasser aufstaute, was am Ende des Winters dann zu starken Überschwemmungen führte.

Der wohl berühmteste Vulkanausbruch ereignete sich um 79 n. Chr. in Italien. Dabei wurde die Stadt Pompeji, die am Fuße des Vulkans Vesuv lag, zerstört und unter Asche begraben. Manche Überreste der Stadt kann man heute noch besichtigen, da diese unter den Ascheschichten nahezu perfekt erhalten wurden.

Auf der Welt gibt es ca. 1500 aktive Vulkane, also solche, die während der letzten 10.000 Jahre ausgebrochen sind. Jährlich ereignen sich auf der Erde etwa 50 Vulkanausbrüche. Trotzdem wohnen ca. 20% der Erdbevölkerung in der Nähe von Vulkanen. Wieso aber leben so viele Menschen an so gefährlichen Bergen? In der

Umgebung von Vulkanen gibt es sehr fruchtbare Böden, da die Auswurfmaterialien der Vulkane viele für Pflanzen verwertbare Elemente aus dem Inneren der Erde mit sich führen. Dadurch kann man dort sehr erfolgreich Ackerbau betreiben.

## Vulkanversuche

DANIEL HOHM, BENNET KNINIENIEDER,  
HANNA KOTLARSKI, JULIAN KRAMER  
UND JULIANE PISTEL

Um uns die Vorgänge im Inneren eines Vulkans besser vorstellen zu können, führten wir mehrere Versuche durch.

### Wachs-Wasser-Vulkan

Eines unserer ersten Experimente war der Wachs-Wasser-Vulkan. Wir hatten vor, kaltes Wasser in kochendes Wachs bzw. später auch Öl zu schütten und durch das schlagartige Verdampfen des Wassers eine Explosion zu erzeugen. Wir gingen also vor das LSZU I und riegelten mit Absperrband den Bereich um den Versuch ab. Dann befestigten wir einen Topf mit dem festen Wachs an zwei Stativen über einem Gasbrenner. Darüber kam dann ein Erlenmeyerkolben, an dem wir eine lange Schnur befestigten, damit man ihn auch aus einer Entfernung von ca. 10 Metern mit einem Ruck an der Schnur umkippen und somit das Wasser in den Topf befördern konnte.

Nachdem alles aufgebaut und der Gasbrenner angezündet war, verließen auch wir den abgesperrten Bereich und warteten darauf, dass das Wachs zu kochen anfing. Als Caro und Dominik schließlich das OK gaben, waren wir bereit: Alle Kameras standen, die dramatische Musik lief, der Countdown wurde gebrüllt, die Schnur wurde gezogen und es passierte außer ein paar Spritzern ... nichts. Wir hofften noch zehn Minuten auf eine Nachreaktion, doch passierte immer noch fast nichts.

Wir vermuten, dass das Wachs nicht heiß genug war, und machten den ganzen Versuch noch einmal mit Öl anstatt Wachs, doch es passierte auch weiterhin kaum etwas. Vielleicht hätten wir weniger Wasser oder eine Flüssigkeit mit



Unser Wachs-Wasser-Vulkan: Die Konstruktion mit der Schnur dient zum Eingießen des Wassers.

einem niedrigeren Siedepunkt nehmen müssen, z. B. Alkohol. Obwohl beide Versuche misslangen, hatten wir viel Spaß und konnten einiges lernen.

### Effusiver Vulkan

Da wir auch die effusiven Vulkane kennengelernt hatten, nahm sich ein Teil von uns vor, einen solchen Vulkan modellieren. Dafür wollten wir die Reaktion von Backpulver und Essig ( $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{Na}^+ \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{CO}_3$  und  $\text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ) nutzen, bei der Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird und so das Gemisch aus dem Vulkanmodell treiben kann. Natürlich ist ein echter Ausbruch eines effusiven Vulkans keine chemische Reaktion, sondern ein physikalischer Vorgang, aber es war ja auch nur ein Modell.

Wir nahmen für das Modell erst Kaninchen draht und bogen ihn in eine vulkanähnliche Form. Dann rührten wir Tapetenkleister an, was am Anfang auch noch sehr gut funktionierte. Wir klebten drei Schichten Zeitung auf den Kaninchen draht, doch wir hatten viel zu



Kaninchendraht diente uns als Stützgerüst.

wenig Kleister angerührt. Die zweite Kleistermischung reichte zwar, war jedoch längst nicht so gut wie die erste Mischung, wenn man die weißen, glitschigen Klumpen mit Wasser überhaupt als Kleister bezeichnen konnte. Trotzdem hielt die Zeitung auf dem Kaninchendraht.



Modellieren des Vulkankegels mit Spachtelmasse.

Während das Pappmaché trocknete, bauten wir ein Holzgestell für einen Erlenmeyerkolben, auf den das Modell dann gesetzt wurde. Diesen klebten wir dann auf ein Holzbrett, und darüber befestigten wir den unförmigen Klumpen, der eigentlich den Vulkan darstellen sollte. Damit es mehr nach einem Vulkan aussieht, nahmen wir Spachtelmasse, Sand und Steine und ummantelten den Klumpen damit.

Oben ließen wir absichtlich ein Loch, damit man den Erlenmeyerkolben rein- und rausnehmen konnte. Für dieses Loch formten wir dann noch einen passenden Aufsatz aus Knete. Schlussendlich sah das Modell dann wirklich wie ein Vulkan aus, wenn auch mehr wie

ein Schichtvulkan anstatt wie ein Schildvulkan. Der Versuch selber klappte im Vergleich zu den Vorversuchen ziemlich gut, und noch Tage später konnte man unseren Vulkan im NwT-Raum riechen.

### Thermitvulkan

Um einen explosiven Vulkanausbruch nachzustellen, wagten wir uns an den Thermit-Versuch. In diesem Versuch wird Aluminium mit Eisenoxid zur Reaktion gebracht, wobei das Eisenoxid durch das Aluminium reduziert wird, da letzteres eine höhere Affinität, also Bindungsfähigkeit, zu Sauerstoff besitzt.

Da die Reaktion  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \longrightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$  stark exotherm verläuft, hat das dabei entstehende flüssige Eisen Temperaturen von über  $2000^\circ\text{C}$ . Das Thermitverfahren wird oft zum Verschweißen von Bahnschienen benutzt.



Thermit-Gemisch (Aluminium und Eisenoxid), zusätzlich mit Magnesiumpulver versetzt.

Da wir jedoch nicht Schweißen, sondern einen explosiven Vulkan simulieren wollten, brauchten wir irgendetwas, damit das Eisen, sozusagen unser Magma, explosiv ausgeschleudert wird. Unsere Lösung war Wasser. Das flüssige Eisen sollte irgendwie auf Wasser gelangen, so dass dieses durch die enorme Hitze des Eisens schlagartig verdampft und das Eisen herauschleudert.

Hierfür bauten wir folgende Vorrichtung: Wir verschlossen die Ablauflöcher zweier Blumentöpfe zuerst mit Spachtelmasse, sodass wir in den einen Wasser und in den anderen das Aluminium-Eisenoxid-Gemisch geben konnten.

Dann befestigten wir den einen Topf auf einem Brett und überstülpten ihn mit einem Stück Kaninchendraht, der in der Mitte ein Loch hatte, so dass man den zweiten Topf darin einzwängen konnte. In den unteren Topf kam nun das Wasser, in den oberen das Thermit-Gemisch, wobei wir auch etwas Magnesiumpulver hinzugaben, damit die Umsetzung des Gemisches hoffentlich schneller und heftiger abläuft. Das flüssige Eisen sollte sich dann durch den Topfboden durchbrennen und ins Wasser gelangen, um von diesem durch das plötzliche Verdampfen herausgeschleudert zu werden.

Zuletzt bastelten wir noch eine Umhüllung für die Töpfe aus Kaninchendraht und Pappmaché, welche wir so anmalten, dass sie einem Vulkan ähnelte. Als wir den Vulkan dann auf unserem Testgelände zündeten, nutzten wir eine spezielle Anzündmischung und Magnesiumband als Zündschnur.



Thermit-Versuch

Geklappt hat dieser erste Durchgang nur zum Teil. Zwar war die extrem helle Flamme der Reaktion gut zur Vulkandarstellung geeignet, jedoch wurde das flüssige Eisen nicht wie wir es uns vorgestellt hatten ausgeworfen. Aus diesem Grund wiederholten wir den Versuch, diesmal jedoch zum einen mit einem Kunststoffbecher als Behältnis für das Thermit-Gemisch, da durch den niedrigen Schmelzpunkt des Kunststoffes im Gegensatz zum Blumentopf mehr Eisen ins Wasser gelangen sollte, und zum anderen ohne die Pappmachéumhüllung.

Bei diesem zweiten Versuch wurde nun tatsächlich Material ausgeworfen, wenn auch immer noch nicht allzu viel. Schön anzusehen war es aber auf jeden Fall, obwohl wir durch das helle Licht geblendet wurden.

## Stickstoffvulkan

Zum Glück hatten wir in den zwei Akademie-wochen flüssigen Stickstoff zu Verfügung, den wir als Antriebsmaterial für einen Stickstoffvulkan benutzten.

Zunächst einmal mussten wir das dazu notwendige Vulkanmodell natürlich planen. Nach längerem Hin und Her stellte sich heraus, dass wir einen Großteil unseres ursprünglichen Vorhabens wegen fehlender Materialien über den Haufen werfen mussten. Also entwarfen wir in kürzester Zeit ein neues Vulkanmodell.

Endlich konnten wir mit dem Bau beginnen: Wir benutzen aneinandergeliebte Plastikblumentöpfe als Vulkanschlot. Bei allen außer dem untersten Topf schnitten wir den Boden weg. Dann setzen wir sie in Turmform aufeinander und befestigten sie mit Panzertape aneinander. Das Resultat wäre fast perfekt gewesen, doch zum Glück merkten wir noch rechtzeitig, dass der Turm nicht dicht war. Und so bemühten wir uns die nächsten Stunden, den Turm wasserdicht zu bekommen, bis wir gefühlt zwei Tonnen Panzertape und ein paar Heißklebepistolen später ein respektables Ergebnis hatten.

Damit der Turm nicht umfällt, mussten wir ein Fundament finden, auf dem wir den Plastikvulkanschlot befestigen konnten. Und – tada – wieder gab es Probleme. Wir hatten uns darauf geeinigt, eine Holzplatte als Fundament zu nehmen, um den Turm dann mit Heißkleber und Panzertape darauf zu befestigen. Als wir dann eine Platte gefunden hatten, war sie einem Teil der Gruppe zu klein, eine andere Platte war zu groß und wieder eine andere war zu schwer. Einen gefühlten halben Wald später, und weil wir keine bessere Platte fanden, entschieden wir uns für eine der ersten.

Und weiter ging das Bauen. Nun, da wir den Schlot auf dem Fundament befestigt hatten, mussten wir uns darum kümmern, dass unser Vulkan auch wie ein Vulkan aussieht. Um die typische Vulkanform zu bekommen, bauten wir ein Gerüst aus Kaninchendraht. Den Draht befestigten wir dann am Fundament und bog ihn so zurecht, dass er Vulkanform hatte. Nun kam der etwas gröbere Teil der Arbeit, denn wir hatten vor, den Draht mit einer di-

cken Schicht Pappmaché zu verkleiden. Das fiel vor allem der Zeitungs-KüA zu Lasten, da diese ihre Zeitungen für unseren Vulkan opfern musste. Nach eineinhalb Stunden Kleben und Kleistern hatten wir den Draht dann endlich vollkommen mit Zeitung bedeckt und in Form gebracht. Jetzt hieß es warten, bis das Pappmaché genug durchgetrocknet war, sodass wir es bemalen konnten.

Nach zwei Tagen konnten wir dann mit der Verzierung des Vulkans beginnen. Das Bemalen war der einfachste Teil der Arbeit und verlief ohne Komplikationen. Der obere Teil des Vulkans erhielt einen Anstrich in Braun, der sich weiter unten am Fuß des Berges in einen Grünton wandelte. Nach dem Streichen mussten wir noch warten, bis die Farbe getrocknet war, um endlich den Vulkan zünden zu können.

Nach einem weiteren Tag war es endlich soweit, und der Vulkan war fertig. Wir hatten uns den Verlauf der Eruption so vorgestellt, dass wir den flüssigen Stickstoff in den Vulkanslot füllen und dann Wasser darauf kippen. Da flüssiger Stickstoff ca.  $-196\text{ °C}$  kalt ist und sich das Volumen beim Aggregatzustandswechsel von flüssig zu gasförmig um einen Faktor von ungefähr 650 vergrößert, war unser Plan, dass der flüssige Stickstoff sich mit dem Wasser vermischt und schlagartig verdampft, da das Wasser für den flüssigen Stickstoff auch bei Zimmertemperatur „heiß“ ist. Dadurch baut sich Druck auf, der das Wasser und den restlichen Stickstoff nach oben hinausschleudert. Das Ganze hat beeindruckend gut funktioniert, sodass sich sagen lässt, dass sich der Aufwand auf jeden Fall gelohnt hat.

### **Gesprenzte Regentonnen**

Für viel Action sorgte unser Versuch, bei dem wir mit der Sprengung einer Regentonne die Explosivität eines Vulkans simulierten. Dafür verwendeten wir eine Regentonne aus Plastik, eine Colaflasche, Tischtennisbälle, Lebensmittelfarbe, flüssigen Stickstoff und jede Menge Wasser. Mit dem Versprechen unserer Kursleiter, dass eine große Wasserfontäne aus der Regentonne in die Luft geschleudert werden würde, begannen wir hochmotiviert mit den Vorbereitungen.

Wir positionierten die Regentonne auf dem Weg, der vom Eckenberg-Gymnasium zu den LSZU-Gebäuden führt. In der Nähe stellten wir zwei Stative mit Kameras auf, die alles ganz genau filmen sollten. Während ein paar von uns etwas Stickstoff in einen Styroporbehälter füllten und diesen dann vorsichtig Richtung Regentonne trugen, hieß es für die anderen: Wasser holen!

Mit Eimern und Schüsseln bewaffnet stürmten wir das LSZU I und das LSZU II, um Wasser zu besorgen. Doch leichter gesagt als getan; wir konnten die Gefäße nicht ganz füllen, weil sie dann zwischen dem Waschbecken und dem Wasserhahn einklemmten. Mit Gewalt kam man da auch nicht weiter, was man an dem leicht überschwemmten Duschaum der Jungs feststellen konnte. Als wir es schließlich schafften, unsere Gefäße zu befüllen, merkten wir, dass es gar nicht so einfach war, diese zu transportieren (die Jungs haben sich sicher gewundert, warum ihr Flur so nass ist). Die Treppen blieben auch nicht ganz trocken, und auch wir Träger bekamen etwas an Wasser ab. Trotz der leichten Komplikationen war die Regentonne schnell gefüllt (viele Hände schafften ein schnelles Ende).

Für die Optik färbten wir das Wasser noch mit Lebensmittelfarbe rot und legten viele Tischtennisbälle darauf, die als Auswurfmaterial dienen sollten. Vorsichtig gossen wir mithilfe eines Trichters den flüssigen Stickstoff in die Colaflasche, die wir zuvor mit Panzertape an einen Ziegelstein festgemacht hatten. Noch schnell ein Gruppenbild vor dem fertigen Versuchsaufbau schießen und schon begann die heiße Phase (eigentlich müsste man ja „kalte Phase“ sagen).

Wir hatten uns auf einen Sicherheitsabstand von mindestens 20 Metern geeinigt; über das Ausmaß der Explosion wussten wir nämlich wenig. Hanna und Lukas vollendeten unter Dominiks Aufsicht und unseren Schlachtrufen den Versuch: Lukas schraubte mit Handschuhen die mit Stickstoff gefüllte Flasche zu und Hanna ließ sie gerade stehend in die Tonne gleiten. Beide hatten zur Sicherheit eine Schutzbrille auf.

Nachdem die beiden sich in Sicherheit gebracht hatten, blickten wir gebannt auf die Regen-

tonne. Als zwei Baustellenfahrzeuge eintrafen, mussten wir den Fahrern mit lautem Rufen klarmachen, dass sie sich in gefährlichem Gebiet befanden. Und plötzlich brach die Regentonne mit einem lauten Knall und einem riesigen Wasserschwall auseinander! Jubelnd und klatschend liefen wir zu der Regentonne beziehungsweise zu dem, was noch von ihr übrig war. Auch die Colaflasche lag in viele Teile geplatzt auf dem Boden.



Beim Sportfest sorgte unser zweiter Regentonnenversuch für allgemeine Begeisterung.

Nachdem wir alles wieder aufgeräumt hatten, gingen wir zu unserem Kursraum zurück. Während wir ein paar Süßigkeiten vertilgten, klärten wir, warum die Regentonne und die Flasche überhaupt explodiert sind: Ähnlich wie beim Stickstoffvulkan gilt ja, dass das Wasser im Vergleich zum flüssigen Stickstoff ziemlich warm ist. Auch wenn die beiden Flüssigkeiten nicht direkt miteinander in Berührung sind, verdampft der Stickstoff, wenn man die Flasche mit dem Stickstoff ins Wasser gibt, wenn auch langsamer. Da das Stickstoffgas aber nicht aus der Flasche entweichen kann, baut sich ein enormer Druck auf, viel mehr als beim Stickstoffvulkan. Schließlich kann die Flasche dem

nicht mehr standhalten und explodiert. Der restliche Stickstoff verdampft ebenfalls, und der Druck wird auf das Wasser und damit auf die Regentonne übertragen. Das halten die nur wenige Millimeter dicken Wände der Plastiktonne nicht aus. Zusätzlich wird das Wasser in einem großen Schwall herausgeschleudert.

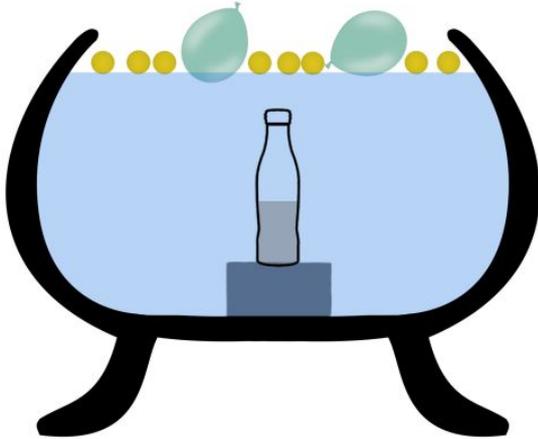
So ähnlich sind manchmal auch die Vorgänge im Inneren eines Vulkans. Im Magma sind Gase enthalten, die mit der Zeit entweichen wollen. Sie können aber nicht immer entweichen, z. B. wenn der Vulkanschlot durch einen Magmapfropfen verstopft ist und sich ein hoher Druck aufbaut. Irgendwann aber wird der Druck zu groß, der Pfropfen wird zerstört und es kommt zum Ausbruch. Das konnten wir durch unseren Versuch zumindest annähernd nachvollziehen.

Auf ähnliche Weise zerstörten wir im Laufe der Akademie vierzehn Colaflaschen und hatten dabei jede Menge Spaß. Den anderen Kursen zeigten wir eine ähnliche Explosion am Sportfest, bei der eine weitere Regentonne zerbarst. Dabei durften wir die verwendeten Tischtennisbälle mit unseren Namen beschriften, um dann zu schauen, welcher am weitesten fliegt. Wir machten alles so wie beim ersten Mal, doch es passierte längere Zeit einfach gar nichts. „Wenn es jetzt nicht funktioniert . . .“, dachten wir alle voller Sorge. Doch völlig zu Unrecht, denn die Tonne explodierte schließlich mit einem lauten Knall. An den Gesichtern der anderen konnte man sehen, dass sie von unserem Versuch ziemlich beeindruckt waren, darauf waren wir natürlich besonders stolz!

## Hexenkesselversuche

Ein Großteil unserer Zeit widmeten wir uns den „Hexenkesselversuchen“. Es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung des Regentonnenversuchs mit noch spektakuläreren Ergebnissen. Die Grundidee ist erneut, den flüssigen Stickstoff in eine Flasche einzuschließen und dadurch hohen Druck zu erzeugen. Die Regentonne ersetzten wir allerdings durch einen stabilen Metallkessel, der eigentlich als Requisite für den Hexenkurs gedacht war. Um die Vorgänge im Nachhinein genau analysieren zu können, stellten wir neben dem Kessel wieder

zwei Stative auf, darunter eines mit Tobias „Opferkamera“. Wir schafften aber es aber nicht, diese zu zerstören.



Schematischer Aufbau des Hexenkesselversuchs.

Analog zu echten Vulkanen und genau wie beim Regentonnenversuch baute sich ein großer Druck in den Flaschen auf. Dieser war immer nach wenigen Minuten so groß, dass die Flaschen barsten. Erstaunlicherweise lagen die dabei gefundenen Schwachstellen der Flaschen nicht am Hals, sondern in der Flaschenmitte und am Flaschenboden. Die entstehende Druckwelle drückte den Kessel in Richtung Boden, während das Wasser über der Flasche in einer bis zu 15 Meter hohen Fontäne aus dem Hexenkessel geschleudert wurde.

Diese bildete verschiedene Formen aus, was vermutlich an Parametern wie der Füllhöhe, der Lage der Flasche, der Menge an Stickstoff und der Festigkeit der Flasche lag. So bemerkten wir zum Beispiel, dass der Hexenkessel bei einem der Versuche fast 1 Meter nach oben sprang, bei einem anderen aber nur wenig hoch sprang, sich aber drehte und umkippte.

Zu solchen Experimenten gehört immer auch eine Auswertung, die aber genauso viel Spaß bereitete wie der Versuch selbst. Wir werteten vier der Hexenkesselversuche aus, hinzu kommen die zwei gesprengten Regentonnen und ein Hexenkesselversuch, bei dem wir auch mit dem Seismometer maßen.

Uns interessierte brennend, in welchem Ausmaß Energie bei unserem Experiment auf das ausgeworfene Material übertragen wurde. Um



Beeindruckende Wasserfontäne beim Hexenkesselversuch.

das zu messen, überlegten wir uns zunächst, wie wir die Energie bestimmen konnten. Wir orientierten uns am Energieerhaltungssatz. Dieser besagt, dass in der Physik die Energie grundsätzlich erhalten bleibt, und immer nur von einer Form in eine andere umgewandelt wird. Das bedeutet also, dass die freigewordene Energie durch das Verdampfen und die damit verbundene Volumenzunahme des flüssigen Stickstoffs letzten Endes die Energiequelle für die Beschleunigung der Tischtennisbälle ist.

Die dann in der Geschwindigkeit der Bälle steckende kinetische Energie sollte schließlich – bei Vernachlässigung von Verlusten – der potentiellen Energie am Gipfelpunkt des Fluges entsprechen. Die Geschwindigkeiten maßen wir, indem wir unsere Videos Frame für Frame abspielten und dabei die zurückgelegte Entfernung bzw. die Höhe maßen. Die Rechnung ergab aber ganz unterschiedliche Ergebnisse. Das lag wohl an der Form der Fontäne. Die herausgeschossenen Bälle könnte man zwar an unterschiedlichen Stellen messen; wir nahmen aber immer die frühestmögliche Gelegenheit, um die durch die Wasser- und Luftreibung ent-



Umfangreiche Vorbereitungen für einen der Hexenkesselversuche.

stehenden Abweichungen möglichst gering zu halten.

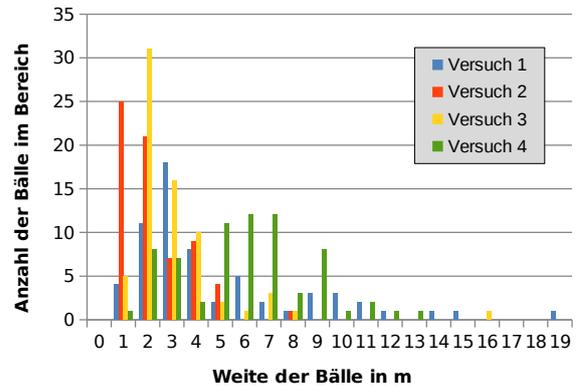
Dennoch fanden wir unterschiedliche Arten von Ballflugbahnen: Der erste Ball-Typ ist schnell und entkommt noch vor der Hauptmenge des Wassers. Er ist daher gut messbar. Der zweite Ball-Typ ist langsam und wird in die Wassermasse hineingeschleudert, durchdringt sie aber nicht. Somit wird er abgebremst und ist schlechter messbar. Der dritte Ball-Typ schießt schräg durch die Wassermasse und daran vorbei. Deshalb ist er spät, aber gut messbar, wird aber stark abgebremst und zeigt eine große Streuung. Als Folge davon kann man nur mit den ersten Typ die Höchstgeschwindigkeit sinnvoll berechnen.

Ball-Nr.	Versuch	$s$ [m]	$v$ [m/s]	$v$ [km/h]	$h$ [m]
1	3	0,1	12	43	5,75
2	3	0,08	9	32	3,25
3	3	0,2	24	86	5,5
4	2	0,14	17	61	7

Messergebnisse für ausgewählte Tischtennisbälle. Dabei ist  $s$  die pro Frame zurückgelegte Strecke,  $v$  die Geschwindigkeit und  $h$  die maximal erreichte Höhe.

Man sieht also, dass Geschwindigkeiten von über 80 km/h erreicht werden. Durch die verschiedenen Formen der Fontäne in verschiedenen Versuchen sind immer nur die Bälle eines Versuches untereinander zu vergleichen. Anhand der Maximalgeschwindigkeit erkennt man, dass eine große Energiemenge umgesetzt wird.

Bei echten explosiven Vulkaneruptionen werden häufig „Bomben“ aus dem Vulkan geschleudert. Dabei handelt es sich um erstarrte Gesteinsbrocken. Wir maßen die Entfernung der Tischtennisbälle vom Hexenkessel und versuchten, die Menge an Auswurfmaterial in einem bestimmten Bereich zu visualisieren.



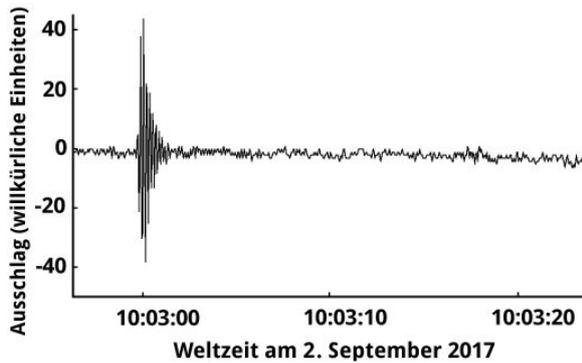
Flugweitenverteilung der ausgeworfenen Tischtennisbälle.

In dem Diagramm kann man erkennen, dass viele Bälle in den Bereich von 2–4 Metern flogen, aber wenige näher oder weiter entfernt vom Kessel waren. Daraus kann man schließen, dass diese Bälle von der Fontäne hochgetragen wurden und nicht sehr schräg flogen. Eine gewisse Abweichung zum Ausgangspunkt könnte vielleicht auch dadurch bedingt sein, dass wir einen Kessel mit schrägen Wänden verwendeten.

Analog zum echten Vulkan konnten wir feststellen, dass sich auch bei unseren Experimenten „Aschewolken“ bildeten. Sie bestanden allerdings nur aus kondensiertem Wasser, das noch in der Luft war, als das flüssige Wasser wieder auf den Boden gefallen war. Interessanterweise sahen wir aber, dass diese Wolke instabil war: Der untere Teil dieser Wolke rutschte ab und strömte in das umliegende Gebiet, während der obere Teil aufstieg und sich verteilte. Dieses Phänomen kann man auch bei echten Vulkanausbrüchen sehen: Große Aschewolken steigen auf, der instabile untere Teil rutscht aber ab und bildet gefährliche pyroklastische Ströme, die alles unter sich verbrennen.

Die letzte Wasserfontäne, die wir erzeugten, ließen wir im Gegensatz zu den anderen Fontänen direkt vor unserem Kursraum explodieren. Wir wollten nämlich die durch den Rückstoß

erzeugte Erschütterung mit unserem Seismometer messen. Man kann im aufgezeichneten Seismogramm erkennen, dass uns das auch gelungen ist. Wir sehen eine abrupt einsetzende und sehr schnell wieder endende Erschütterung. Bei realen vulkanischen Erdbeben sind die Wellen natürlich insgesamt deutlich stärker und länger anhaltend als die von uns erzeugten.



Seismogramm einer Hexenkesslexplosion.

## Raketen

Ein Versuch, der eher dem Funfaktor als dem wissenschaftlichen Hintergrund diene, war die Stickstoffrakete. Wir befüllten eine Plastikflasche mit Wasser, aber nicht ganz voll, und zusätzlich noch mit Stickstoff.

Der erste Versuch war unüberhörbar laut. Bei den folgenden Versuchen bekamen wir vorsichtshalber noch Ohrenschützer dazu, die wir aber gar nicht gebraucht hätten, da keine Flasche explodiert ist. Nun passierte auch das, was eigentlich beim ersten Mal hätte passieren sollen: Die Flasche flog mit einem Zischen wie eine Rakete gen Himmel, teilweise bis zu 100 Meter hoch und weit. Auch hier verdampfte der Stickstoff, und es baute sich Druck auf. Da aber die umgedrehte Flasche nicht zugeschraubt war, konnte das Gas das Wasser aus der Flasche treiben. Dadurch zischte die Flasche nach oben.

Wieder und wieder führten wir den Versuch durch, am Ende ließ jeder einmal, manche auch zweimal eine solche Stickstoffrakete starten. Jedes Mal lachten und jubelten wir, dem Spaß waren keine Grenzen gesetzt!

## Geysire

ROMIE NIEDERMAYER

Doch nicht nur Vulkane zeigen eruptives Verhalten. Geysire sind typischerweise heiße Quellen, die von Zeit zu Zeit eine Wasserfontäne und Dampf ausstoßen. Die Eruptionshäufigkeit ist von Geysir zu Geysir verschieden. Er kann alle paar Minuten, aber auch alle paar Jahre ausbrechen. Dies hängt unter anderem davon ab, wie heftig die vorherige Eruption war und wie schnell neues Wasser ins Reservoir nachfließen kann.

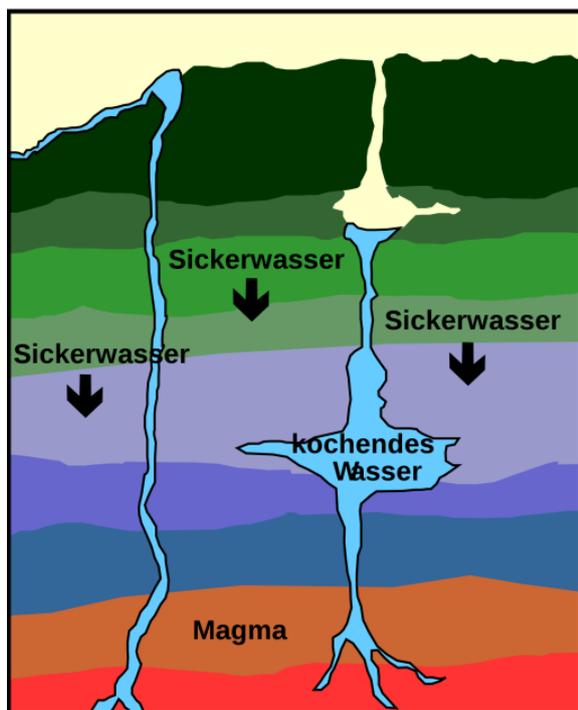
Geysire finden wir häufig in Gesellschaft mit Vulkanen, also zum Beispiel auf Island oder in Neuseeland, aber auch in den USA.



Castle Geysir im Yellowstone Park, fotografiert von unseren Kursleitern Caro und Dominik einige Tage vor der Akademie.

Doch wie funktioniert ein Geysir? Man kann sich das vereinfacht so vorstellen: Wasser sammelt sich in einem unterirdischen Reservoir. Das obere Ende der Wasserkammer mündet in einen Kanal, der sich Richtung Oberfläche er-

streckt, aber eine Engstelle aufweist. An heißem Gestein wärmt sich das Wasser auf. Wenn die Engstelle im Kanal klein genug ist, kann Dampf oder warmes Wasser aber nicht effektiv aufsteigen. Durch das umgebende Gestein, die Engstelle und das Gewicht der Wassersäule entsteht ein hoher Druck im Wasser, der zum Siedeverzug führt. Das Wasser erreicht nun Temperaturen von mehr als  $100^{\circ}\text{C}$ . Letztendlich beginnen irgendwann aber doch Dampfblasen aufzusteigen und die Wassersäule hoch- und herauszuschieben. Nun tritt Druckentlastung ein. Ein Teil des Wassers siedet jetzt schlagartig und vervielfacht sein Volumen. Der Druck wird zu groß, und in einer Fontäne schießen Wasser und Dampf aus dem Boden. Eine solche Eruption kann in der Natur Höhen von über 100 Metern erreichen. Nach der Eruption fließt wieder neues Wasser nach, und der Prozess beginnt wieder von vorne.



Funktionsweise einer normalen heißen Quelle (links) und eines Geysirs (rechts). Bild: Wikimedia, Wikimedia-Nutzer Huebi, CC-BY-SA

## Geysir-Experiment

ANIKA LUZ

An dieses Phänomen haben wir uns natürlich auch mit einem Versuch herangewagt. Dazu

überlegten sich Daniel und Lukas, einen Geysir mit einem dünnen Glasrohr mit einem Stopfen in einem mit Wasser gefüllten Erlenmeyerkolben nachzustellen. Wir wollten das Wasser im Kolben erhitzen, bis es eruptive Erscheinungen zeigt. Allerdings gelang uns dies nicht bei den ersten Malen, und wir kamen zunächst nicht zum endgültig zufriedenstellenden Ergebnis. Zuerst spritzte das Wasser nur leicht aus der Öffnung des Rohrs hinaus. So erkannten wir, dass es solche Systeme auch ohne große Eruptionen geben kann.



Eine unserer experimentellen Geysiraufbauten.

Um danach doch noch einen spektakulären Ausbruch anschaulich zu machen, stellten wir das Rohr exakt senkrecht, damit ein größerer Druck auf dem Wasser lastet. Aber auch dies ging erst einmal in die Hose, denn das Wasser lief außen am Rohr hinunter und löschte die Brennerflamme. Also auf ein Neues, weiter probieren! Wir stellten den Kolben wieder schräg.

Bis diesmal Wasser mit dem Überlaufen begann, vergingen ein paar Minuten voller angespanntem Warten. Und wie soll es auch anders sein, wir quasselten aufgeregt durcheinander, lachten und stellten auch schon Vermutungen an, was letztendlich passieren würde. Wird der

Versuch gelingen? Oder wird uns der Kolben platzen? Doch nach ca. fünf Minuten war der Druck schon ziemlich groß, weshalb auch schon Wasser aus dem Glasrohr floss, und somit wurde die Wahrscheinlichkeit, dass der Versuch nicht klappen würde, immer geringer. Als dann ungefähr sechs Minuten vorüber waren, begann das große Fiebern, denn das Wasser spritzte im kleinen Bogen aus unserem Rohr heraus.

Nun war uns klar: Dies wird kein Fehlversuch. Immer größer wurde der Bogen des Wassers, und mit jedem gewonnenen Zentimeter, der den Wasserstrahl noch weiter trieb, und man hörte ein freudiges „Yayyyyy“ oder „Jaaaa“. Da der Wasserstrahl schon fast das gegenüberliegende Waschbecken traf, fieberten wir mit, ob das Wasser bis in das Becken spritzen würde. Als das tatsächlich geschah, riefen wir schon alle ein noch lauter und grinsten bis über beide Ohren über den jetzt schon sehr imposanten Versuch. Als das Wasser dann auch noch gegen die Wand spritzte, gaben wir noch lauterer Jubelgeschrei von uns.

Schließlich gab es einen letzten Druckstoß, der vom verdampfenden Wasser im Kolben ausging, und das Rohr samt Stopfen aus dem Erlenmeyerkolben und gegen die Wand schleuderte. Das Glas zerbrach und die Scherben verteilten sich auf dem Boden – gut, dass wir in sicherer Entfernung standen. Aber trotz der Scherben und des entstandenen Chaos freuten wir uns riesig über den so toll geglückten Versuch.

## Exkursion nach Heidelberg

JULIANE PISTEL

Unser Kurs durfte am 4. September ein bisschen früher zum Frühstück erscheinen, da wir uns um 8 Uhr trafen, um unsere Exkursion nach Heidelberg zu beginnen. Gestärkt verteilten wir uns dann also auf drei Autos, die uns zu einem der Adelsheimer Bahnhöfe brachten. Die Wartezeit, die wir mit fröhlichem Singen noch weiter verkürzten, war nicht sehr lang, und schon saßen wir im Zug Richtung Heidelberg. Anderthalb Stunden verbrachten wir dann mit Schlafen oder mit einem witzigen Gruppenspiel, das man sehr gut im Sitzen spielen konnte. Und schon waren wir am Hauptbahnhof in Heidel-

berg. Von dort fuhr uns ein Bus zur Universität. Die letzten Meter legten wir gut gelaunt zu Fuß zurück, dann waren wir auch schon da.

Am Institut für Geowissenschaften erwartete uns Professor Axel Schmitt mit einem spannenden Vortrag über unser Themengebiet, also Vulkane und Erdbeben. Zuerst erzählte er uns etwas über die Vulkane in unserer Gegend, wie zum Beispiel den Katzenbuckel im Odenwald. Danach berichtete er über berühmte Vulkanausbrüche und deren Folgen, wie unter anderem die Auswirkungen auf das Klima des Ausbruchs von 1783 in Island, der dann in Europa zum Teil zu Hochwasser geführt hat.

Auf einer Weltkarte zeigte er uns, wo sich sowohl die aktiven als auch die passiven Vulkane auf unserer Erde befinden. Damit konnte er uns auch die Zusammenhänge mit den Erdplatten erklären, da die Vulkane hauptsächlich an den Plattengrenzen liegen. Das war uns zum Teil auch schon durch unser Vorwissen vom Kurs bekannt.

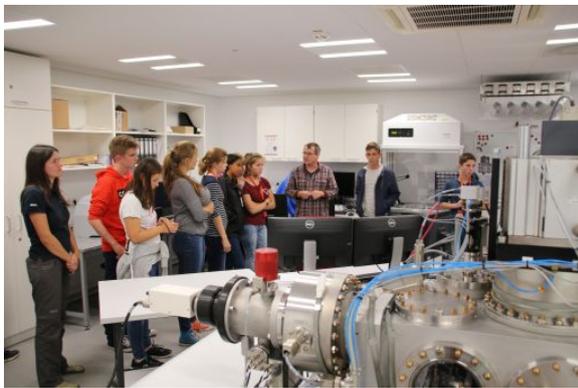


Wir untersuchen Proben mit dem Rasterelektronenmikroskop.

Beeindruckt waren wir von den pyroklastischen Strömen, die bei vielen Vulkanausbrüchen entstehen. Dabei handelt es sich um Ströme aus Gasen und Asche, die hinabsinken und mit bis zu 700 km/h weite Strecken zurücklegen können, auch über Wasser. Das passierte z. B. 1902 auf der Insel Martinique, als der Mont Pelée ausbrach und mit seinen pyroklastischen Strömen 30.000 Todesopfer forderte. Das war beinahe die ganze Bevölkerung der Stadt Saint-Pierre! Dort überlebte als einer von ganz wenigen ein Gefangener, da er durch die dicken Mauern des Gefängnisses geschützt war. Als nächstes klärte

Herr Schmitt uns über die Probenaufbereitung von Vulkanasche auf und welchen Zweck das hat.

Herr Schmitt erntete einen kräftigen Applaus, danach wurde er mit Fragen gelöchert. Als diese beantwortet waren, machten wir uns auf den Weg zu einem kleinen Mittagessen, doch davor durften wir im universitätseigenen Museum tolle Funde von verschiedensten Gesteinsarten und Fossilien bewundern. Zum Essen setzen wir uns in den Außenbereich eines Cafés. Es wurde gegessen, getrunken und viel geredet. Als wir dann zum Institut zurückliefen, stimmten wir das Akademielied „Ein Sack Zement“ an, was für viele belustigte Blicke der Passanten sorgte.



Ein Teil des Kurses am Sekundärionenmassenspektrometer der Universität Heidelberg.

Danach teilten wir uns in zwei Gruppen auf. Die eine Gruppe wurde von Herrn Schmitt zuerst zum Rasterelektronenmikroskop geführt, mit dem man Vulkanasche genau untersuchen kann. Ein paar von uns durften sogar das Mikroskop über den Computer steuern. Nachdem wir noch den Aufbau des Mikroskops erklärt bekamen, tauschten wir mit der anderen Gruppe. Dort erklärte uns Dr. Sonja Storm die pyroklastischen Ströme mithilfe eines Experiments. Man gab Trockeneis (gefrorenes Kohlenstoffdioxid) und Wasser in eine Schüssel. Daraufhin zog man ein Geschirrhandtuch, das zuvor in Seifenwasser gelegt wurde, über die Schüssel, sodass sich eine Seifenblase bildete. Diese blähte sich aufgrund des Kohlenstoffdioxids auf, bis die Blase schließlich platzte und das Kohlenstoffdioxid hinabsank, da es eine höhere Dichte als Luft hat. Dieses Hinabsinken stellte die pyroklastischen Ströme dar.

Nachdem beide Gruppen beide Stationen besucht hatten, schlossen wir uns wieder zusammen und gingen gemeinsam in den Keller des Instituts, wo wir das riesige Sekundärionenmassenspektrometer besichtigen durften. Dieses komplexe System dient zum Analysieren von Gesteinsproben, was uns alle ziemlich beeindruckt hat.

Wir bedankten uns bei Herrn Schmitt, dass er uns alles gezeigt hatte, und konnten uns dann noch 15 Minuten in einem kleinen Einkaufszentrum aufhalten, wo wir vor allem Süßigkeiten für die nächsten paar Tage einkauften. Mit dem Bus fuhren wir wieder zurück zum Hauptbahnhof und mit dem Zug dann wiederum nach Adelsheim. Dort wurden wir mit Autos und dem Kleinbus des LSZU abgeholt und waren dann pünktlich zum Abendessen wieder zurück am Eckenberg-Gymnasium. Auch dieser Tag hat dazu beigetragen, dass wir die Akademiezeit nie vergessen werden!

## Rotation und Abschlusspräsentation

DANIEL HOHM UND SIMON-LUCA  
SCHABEL

Als die Hälfte der Akademie vorüber war, stand wie jedes Jahr die Rotation an. Dabei präsentieren die einzelnen Kurse einen Zwischenstand ihrer Forschungen. Auch der Geophysik-Kurs war darauf bestens vorbereitet: Wir hatten schon erste aussagekräftige Versuche durchgeführt und uns jede Menge Hintergrundwissen angeeignet, das wir den anderen Teilnehmern und Kursleitern zeigen wollten. Dazu mussten wir es aber erst in die Form einer Powerpoint-Präsentation bringen, was wir in Gruppenarbeit taten. Das Resultat war eine tolle Präsentation, die nicht zuletzt durch unser professionelles Geophysik-Layout einen gut vorbereiteten Eindruck machte.

Um uns den Vortrag zu erleichtern, besprachen wir die Vorgehensweise: Wir entschieden uns, es ohne Karteikarten zu versuchen und unsere Übergänge besonders zu gestalten. Dies machte uns Dominik bei einem Probevortrag vor, den wir später alle als gelungenes Beispiel in Erinnerung hatten. Danach ergriff jede der

vier geschlechtergemischten Gruppen ebenfalls die Gelegenheit, die Präsentation zu üben und somit Selbstvertrauen zu gewinnen.

Am Rotationstag selbst lief daher alles wie am Schnürchen, und wir konnten sowohl andere Teilnehmer als auch die Kursleiter von uns überzeugen. Zitate wie „Hätte ich doch auch Geophysik gewählt“ häuften sich, was uns in der folgenden Woche bestärkte.

Als dann die Sommerakademie schon fast zu Ende war, kamen am letzten Mittwoch noch eine große Zahl externe Gäste zum Präsentationstag: Eltern, Großeltern, Geschwister, aber auch Freunde und ehemalige Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Alle waren sehr gespannt zu hören, was wir in den vergangenen fast zwei Wochen erarbeitet und gelernt hatten.

In Dreiergruppen wurde dann erneut präsentiert: Was ist ein Vulkan? Was passiert bei einem Vulkanausbruch? Durch was entstehen Erdbeben und wie kann man sie messen? Und was ist überhaupt ein Geysir? Wer sich diese Fragen schon einmal gestellt hatte, fand in unserer Abschlusspräsentation seine Antworten. Falls allerdings noch Fragen offen waren, konnten die Zuhörer diese natürlich stellen, und soweit sie in unserem Wissen lagen, versuchten wir, sie bestmöglich zu beantworten.

Als dann die Präsentation zu Ende war, konnten die Zuhörer unser selbst aufgebautes Seismometer auch noch ausprobieren, indem sie hochsprangen und dann das Ergebnis auf dem Bildschirm sehen konnten. Die von uns gesammelten Steine lagen auch schön aufgereiht und beschriftet an der Seite, wo sie begutachtet werden konnten. Vor der Abschlusspräsentation waren alle etwas angespannt, aber als es dann vorbei war, waren alle richtig glücklich, weil alles gut gelaufen war.

## Unser Stickstoff-Eis

MELINA PATZARTZIS

Nachdem die Stickstoffversuche beendet waren, hatten wir noch eine gewisse Menge Reststickstoff. Damit wollten wir den anderen Akademieteilnehmern unsere erworbenen Fähigkeiten nicht nur in der Theorie, sondern auch in der

Praxis demonstrieren. Also machten wir nach dem gemeinsamen Abendessen am Grillplatz Eis für die ganze Akademie. Da wir eine große Bandbreite von Geschmäckern abdecken wollten, stellten wir nicht nur eine, sondern gleich vier verschiedene Eissorten her. Für die Chocoholics unter uns gab es natürlich cremiges Schokoladeneis, für die, die es etwas fruchtiger mochten, gab es Kirscheis, und wer es etwas tropischer mochte wurde durch das leckere Bananeneis glücklich gemacht. Aber auch für die, die von Laktoseintoleranz betroffen waren, gab es etwas zum Genießen, sie bekamen frisches Kokossorbet.

Was für alle vier Eissorten notwendig war, war die Herstellung der Eisgrundmasse. Beim Kirscheis sowie beim Bananeneis lag der erste Schritt darin, die Früchte zu zerkleinern, um sie danach weiterverarbeiten zu können. Dafür nutzen wir einen handelsüblichen Pürierstab, mit dem wir die Früchte solange pürierten, bis wir eine zähflüssige und weitestgehend klumpchenfreie Masse erhielten. Für das Kokossorbet sowie für das Schokoeis war dieser Schritt nicht notwendig. Für das Schokoladeneis wurde Kakaopulver verwendet, das im Anschluss mit Milch und Sahne vermischt wurde. Dem Kirsch- und Bananenpüree wurden die gleichen Mengen an Milch und Sahne hinzugefügt und mit dem Pürierstab zu einer gleichmäßigen Masse vermischt. Das Kokossorbet bestand, im Gegenteil zu den anderen Eissorten, nur aus Kokosmilch und Zucker, der im nächsten Schritt den Eisgrundmassen hinzugefügt wurde. Dabei achteten wir nicht auf genaue Mengenangaben, sondern probierten, ab wann die Mischung leicht übersüßt schmeckte.

Als wir fertig mit den Grundmassen waren, begann der wesentlich spannendere Teil dieser Aktion: das Beimischen des Stickstoffs. Dabei wechselten wir vom Pürierstab zum großen Löffel. Sobald wir anfangen, den Stickstoff in unser Vorgehen einzubeziehen, waren Sicherheitsvorschriften natürlich von großer Bedeutung. Das hieß: Alle Zuschauer, die auch zahlreich erschienen waren, mussten mindestens zwei Meter Abstand zu unseren Tischen halten. Die Geophysiker, die für den Stickstoff verantwortlich waren, trugen Handschuhe, und natürlich setzten alle beteiligten Eismacher ihre Schutzbrillen auf. Es

ging endlich los, und die Stickstoffbeauftragten schütteten uns langsam und vorsichtig nach und nach den Stickstoff in unsere Mischungen, die unter starkem Aufschäumen und aufsteigendem Nebel abgekühlt wurden.



Wir versorgen die ganze Akademie mit Eis.

Das Problem bei der Eisherstellung ist, die richtige Textur zu erreichen. Bei diesem Punkt konnte unser Eis aber problemlos mit dem Speiseeis aus der Eisdiele mithalten. Aufgabe des Stickstoffs ist es, unsere Eismischungen abzukühlen, dabei kristallisiert das Wasser in den Mischungen.

Rein theoretisch müssten wir dann mit der Zeit aber kein cremiges Eis, sondern einen harten und „eiskalten“ Kirsch-, Bananen-, Kokos-, beziehungsweise Schokoladeneis-Klotz erhalten. Da wir uns daran aber höchst wahrscheinlich die Zähne vollständig ausbeißen würden, mussten wir die komplette Auskristallisierung des Eises verhindern, was wir durch kräftiges Rühren erzielten. Obwohl es am Anfang ziemlich einfach ging, wurde es mit zunehmender Menge an Stickstoff und vor allem zum Ende hin sehr kraftaufwendig. Da es aber sehr wichtig ist, kräftig und durchgängig zu rühren, um eine cremige Konsistenz zu erzielen, war der ein oder andere am Ende dann doch auf die zusätzliche Kraft des Nebenmanns oder der Nebenfrau angewiesen.

Dies führte aber schließlich dazu, dass wir den freudig wartenden Teilnehmern und Leitern ein gelungenes, cremiges, leckeres und vor allem selbst gemachtes Eis präsentieren konnten. Doch nicht nur das, ein Nebel-Spektakel gab es noch dazu.

Die Herstellung war höchstwahrscheinlich spannender als der Verzehr unseres Eises. Der Geschmack litt darunter aber keineswegs. Bedenken bezüglich der Gesundheit waren absolut überflüssig, da dieses Experiment völlig ungefährlich ist, zumindest was den Verzehr angeht. Was den Umgang mit flüssigem Stickstoff angeht, sollte man das dann doch lieber die machen lassen, die sich damit auskennen. Dennoch überzeugte unser Eis, erhellte vielen die Gesichter noch ein bisschen mehr und versüßte allen noch den Abend.

## Schluss(?) - Worte.

TOBIAS VAN LIER

Zwei Wochen und zwei Wochenenden können eine sehr kurze Zeit sein. Das hat die Science Academy uns allen sehr deutlich gezeigt. Wir sind zu einer großen Familie geworden, haben viel Spaß gehabt, Experimente gemacht. Haben zusammen gesungen, gelacht, Explosionen erzeugt, Simulationen ausgedacht. Damit soll jetzt einfach Schluss sein? – Nein!

Ich darf diese Worte schreiben, über ein Ende, das keines ist: Erinnerungen, Freundschaften, Erfahrungen bleiben. Ich bin mir ganz sicher, dass das hier keiner von uns vergisst! „We’re building it up to bring it back down! We’re building it up to burn it down. Can’t wait to burn it to the ground!“ Wenn wir diese Zeilen von Linkin Park jetzt im Radio hören, kommt uns allen die Akademie wieder in den Sinn: Wie viele Modelle haben wir aufgebaut, um sie danach abzubrennen? Wie oft auf die nächste Explosion gefiebert? Wie passend, dass Simon-Luca zu diesem Lied ein cooles Musikvideo mit eigenen Bildern gemacht hat!

Auch wenn der Abschied jetzt schwerfällt, weiß ich, dass es keinen Schluss gibt. Dass jeder viel aus Adelsheim mit nach Hause nimmt. Dass wir uns bestimmt noch das ein oder andere Mal wiedersehen. Und dass ich für immer Häuptling Großes Wumms-Bumms bleiben werde.

## Zitate aus dem Kurs

Lukas: Ich glaub, dies Jahr Silvester wird langweilig.

Dominik: Wenn ihr schnell macht, dann schaffen wir es noch vorm Mittagessen, was in die Luft zu sprengen.

Daniel: [Zu Dominik] Das hat er jetzt nicht gemacht ...

[Dominik kippt (ausreichend ...) Magnesium-, Eisen- und Aluminiumpulver auf 500 Wunderkerzen.] Daniel zu Caro: War das abgesprochen? Caro [guckt entgeistert]: Nein ...

Anika: Jetzt bummst's gleich.

Lennart: Toffifan!

Alle: Guuurrrkeeee!

Tobias: Zum Glück war ich das nicht – sonst könnte ich weder reden noch hören.

Dominik: Wenn man an der Station jetzt ansteigt, ist man nicht Mind, aber f\*\*\*\*d.

## Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 15. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Stiftung Bildung und Jugend, die Hopp-Foundation, den Förderverein der Science Academy sowie durch den Fonds der Chemischen Industrie unterstützt. Dafür möchten wir an dieser Stelle allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem ehemaligen Leiter der Abteilung 7 des Regierungspräsidiums Karlsruhe, Herrn Abteilungspräsidenten Vittorio Lazaridis, der Leiterin des Referats 75 – allgemein bildende Gymnasien, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Dr. Hölz vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt, mit seinem Team.

Wie in jedem Jahr fanden die etwas über einhundert Gäste sowohl während des Eröffnungswochenendes und des Dokumentationswochenendes als auch während der zwei Wochen im Sommer eine liebevolle Rundumversorgung am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim. Stellvertretend für alle Mitarbeiter möchten wir uns für die Mühen, den freundlichen Empfang und den offenen Umgang mit allen bei Herrn Oberstudienleiter Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, besonders bedanken.

Zuletzt sind aber auch die Kurs- und KüA-Leiter gemeinsam mit den Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und die sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Engagement und Vertrauen ganz herzlich bedanken.

## Bildnachweis

- S. 12: Sternparallaxe  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ParallaxeV2.png>  
Wikimedia-User WikiStefan  
CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- S. 15: Doppelweiche  
Bild basierend auf: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plektita\\_trakforke\\_14.jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plektita_trakforke_14.jpeg)  
Wikimedia-User Asiano  
CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- S. 19: Dr. Thomas Müller – mit freundlicher Genehmigung
- S. 27: Dr. Thomas Müller – mit freundlicher Genehmigung
- S. 56: Schnittbild durch einen Vulkan  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Submarine\\_Eruption-blank.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Submarine_Eruption-blank.svg)  
Wikimedia-Nutzer Sémhur  
CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- S. 56: Eyjafjallajökull first crater 20100329  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eyjafjallajökull\\_first\\_crater\\_20100329.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eyjafjallajökull_first_crater_20100329.jpg)  
Wikimedia-Nutzer David Karná  
CC-BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>)
- S. 56: Ruinen von Pompeji  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vesuvius\\_from\\_Pompeii\\_\(hires\\_version\\_2\\_scaled\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vesuvius_from_Pompeii_(hires_version_2_scaled).png)  
Wikimedia-Nutzer Morn the Gorn  
CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- S. 65: Funktionsweise Geysir  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Funktionsweise\\_Geysir\\_de.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Funktionsweise_Geysir_de.svg)  
Wikimedia-Nutzer Huebi  
CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode>)
- S. 78: Arthur Miller – Hexenjagd: Mit freundlicher Genehmigung des S. Fischer Verlags
- S. 116: Electromagnetic spectrum c  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic\\_spectrum\\_c.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_c.svg)  
Wikimedia-Nutzer Horst Frank / Phrood / Anony  
CC-BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.