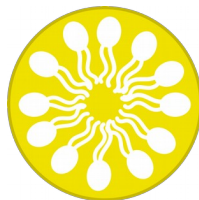


JuniorAkademie Adelsheim

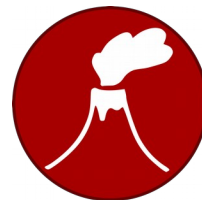
15. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2017



Astronomie



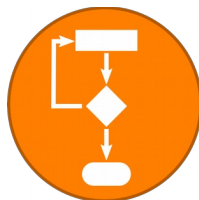
Chemie



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

E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de
monika.jakob@scienceacademy.de
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

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

Kurs 6: Entwicklung innovativer Sinterverfahren Projektarbeit mit Ernstcharakter



Einleitung

AARON

Jährlich werden große Mengen an Partikelschaummaterialien (z. B. Styropor® 11,6 Millionen Tonnen¹) in einem energieineffizienten Verfahren hergestellt. Beim Produktionsprozess geht viel Energie verloren, weil die Sinterform zunächst erhitzt und dann wieder abgekühlt werden muss. Deshalb hat sich der TheoPrax-Kurs in diesem Jahr damit befasst, innovative und energieeffiziente Sinterverfahren zu entwickeln. Um das Problem mit verschiedenen Lösungsansätzen bearbeiten zu können, haben wir uns in drei Gruppen aufgeteilt. Wir bekamen die Aufgabenstellung vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal durch Herrn Dr. Bader. Die zwei Wochen der Science Academy haben wir genutzt, um intensiv im Labor zu forschen. Durch un-

sere Untersuchungen haben wir einen Beitrag dazu geleistet, den Stand der aktuellen Forschung in diesem Thema weiterzubringen. Um effizient unser Ziel verfolgen zu können, haben wir uns neben dem praktischen Arbeiten auch besonders tiefgreifend mit Projektmanagement auseinandergesetzt.

Unser Kurs

LUKAS, YANNIKA

Team [wIRsinta.]

Das Team [wIRsinta.], bestehend aus Aaron, Xenia, Lukas und Julian, versuchte dem Namen entsprechend (IR=Infrarot) mithilfe von Infrarotstrahlen zu sintern.

Aaron übernahm in jeglicher Situation die Rolle des Koordinators und brachte uns damit Struktur und Zeitersparnis ein. Außerdem stellte er sich als ausgezeichneter Dokumentationsbeauftragter im Labor heraus und

¹Schwaben, Hans-Dieter: Standardkunststoffe. In Kunststoffe, 10/2005, S. 2

konnte durch seine mehr oder weniger guten Flachwitze und Wortspiele immer wieder die Stimmung auflockern.



Team [wIRsinta.]

Julian punktete als Teammitglied besonders durch zahlreiche Ideen und seine außergewöhnliche Eigeninitiative bei Planung und Durchführung. Stets mit einem Lächeln unterwegs, beteiligte er sich an Allem und sorgte durch seine aufmerksame und fleißige Art für eine möglichst gute Umsetzung.

Lukas war ein super Teampartner, der viele Ideen hatte. Seinem Team diente er als ausdauernder Vorschäumer. Zudem gehörte Lukas morgens wie mittags zu den Ersten am Teekoher. Obwohl ihn die Film-KüA ständig auf Trab hielt, war er auch im Kurs immer engagiert dabei.

Xenia war mit Abstand die Wärmeempfindlichste des Kurses und nur mit Fächer und sommerlicher Kleidung anzutreffen. Ihre sorgfältige Art stellte einen nötigen Standpunkt in der oft überstürzt angegangenen Laborarbeit dar. Zudem war sie besonders in der Planung und bei Krisendiskussionen der Ruhepol der Gruppe.

Team Sintoflex

Zum Team Sintoflex gehörten Salome, Lorina, Jan, Annika und Fabian. Diese Gruppe forschte daran, mithilfe einer Mikrowelle zu Sintern. Sie war am Ende der Akademie als Gruppe der „Professionellen Reagenzglas-Zerstörer“ bekannt, da sie doppelwandige und damit gut isolierte Reagenzgläser durch das Verschmelzen zweier Gläser herzustellen versuchte.

Annika war eher ruhig und brachte viele gute Ideen und ihre Formulierungsgabe in den Kurs ein. Sie war sehr fleißig, vor allem, als

es um den Abschlussbericht ging. Außerdem ernährte sie sich von uns allen während der Kurszeit wohl am gesündesten: Sie zog Äpfel den leckeren Keksen vor.

Fabian half seinem Team, indem er andere Ansichten und Standpunkte vertrat. Um seine Ideen umzusetzen, hatte er immer genug Fachwissen parat. Abgesehen davon übersetzt er gerne Lyrics ins Deutsche oder spielte das Kursmaskottchen, was uns beim Sportfest den inoffiziellen Outfitpreis bescherte.



Team Sintoflex

Jan war sehr hilfsbereit und machte einen wunderbaren Job als Koordinator der Abschlusspräsentation. Er wies immer wieder auf mögliche Probleme und Fehler hin, was die Projektarbeit erleichterte. Außerdem entwickelte er ganz nebenbei zusammen mit Lukas das zeitsparende „Mikrowellenvorschäumen“. Beim Schreiben des Berichtes konnte er durch seine Kreativität überzeugen.

Lorina hat mit ihrer guten Laune und witzigen Art sehr positiv zur Kursatmosphäre beigetragen. Unsere Einhorn-Liebhaberin war bereits vor der Sommerakademie sehr fleißig und hat alle dauerhaft motiviert. Es verging kein Tag, an dem man nicht mindestens einmal das Wort „krääänk“ von ihr vernahm.

Salome zeigte während der ganzen Zeit viel Initiative und behielt immer den Überblick. In ihrem Team gehörte sie zu den „Glasbläsern“, die Reagenzgläser mit großer Leidenschaft einschmolzen. Nach den zwei Wochen im Sommer war zudem klar, dass es wohl kein Gruppenspiel gab, welches sie noch nicht kannte.

Team 4sintern

Markus, Tim, Yannika und Laurin bildeten das Team 4Sintern. Diese Gruppe war thematisch sehr vielfältig aufgestellt. Sie forschten auch an einer Sintermethode mit der Mikrowelle. Jedoch nahmen sie sich auch einer alternativen Vorschäummethode mithilfe eines Heißluftföhns an und sorgten damit oft für den lieblichen Duft verbrannten Kunststoffes im Labor.



Team 4sintern

Laurin war immer sehr engagiert, hatte viele gute Ideen und war hoch motiviert, diese auch umzusetzen. Manchmal war er jedoch etwas zu schnell, sodass zum mehr oder weniger großen Vergnügen aller das Granulat des Öfteren durch die Luft flog.

Markus war von uns wohl derjenige mit der meisten Erfahrung, was Projektarbeit anging. Mit seinem theoretischen Wissen half er oft weiter. Er blieb auch im Stress immer locker. Markus war eher der Macher und blühte deswegen im praktischen Teil erst richtig auf.

Yannika zeigte insbesondere beim Abschlussbericht, welches Koordinations- und Organisationstalent sie besitzt. Sie war dauerhaft motiviert und eine gute Ergänzung für ihr Team. Ihre gute Laune und ihre Motivation halfen der Gruppe, nach abgefackelten Versuchsaufbauten und anderen Problemen wieder auf die Beine zu kommen.

Tim war immer recht still und hatte doch eine Menge guter Ideen zur Lösung unserer Aufgabe parat. Viele der Materialien für sein Team organisierte oder baute er selbst. Mit Tim konnte man immer gut arbeiten, und er war sehr verlässlich. Gute Laune war bei ihm immer vorhanden.

Kursleiter

Nun zu unseren Kursleitern Matthias und Moritz, und unserer Schülermentorin Clara, die immer und überall für uns da waren.



Kursleiter des TheoPrax-Kurses

Matthias war nicht nur beim Abschlussabend, sondern auch die zwei Wochen davor die gute Fee des Kurses. Sein unerschöpfliches Wissen zur Theorie gab uns die nötige Grundlage für die Projektarbeit. Bei Präsentationen und Berichten war seine perfektionistische Ader klar erkennbar, und er übernahm den undankbaren Job, uns unter den, sicherlich nötigen, Druck zu setzen, um alles in der passenden Zeit und in richtiger Qualität umzusetzen. Zusammen mit Clara war er immer fleißig am Knipsen und hielt alles Wichtige auf seiner Kamera fest.

Moritz hat sein Fachwissen zum Projektmanagement gut rübergebracht und uns bei Präsentationen immer konstruktive Kritik, Lob und Vorschläge zur Körpersprache gegeben. In Diskussionen war er immer ein Ruhepol und sorgte durch kleine Witze und viel Lächeln immer für eine gute Stimmung im Kurs. Morgens, wenn alle verschlafen waren, sumnte er schon Melodien im Kursraum und steckte alle anderen mit seiner Motivation an.

Clara war eine fantastische Schülermentorin. Sie hatte viele kreative und lustige Ideen, was Spiele und Basteleien für unseren Kurs anging. Clara hatte immer ein offenes Ohr und viel Verständnis für jeden einzelnen. Außerdem schaffte sie es, die Ruhigeren aus unserem Kurs zu ermutigen, etwas mehr aus

sich herauszugehen. Durch aufmunternde Worte oder ein ermutigendes Lächeln sorgte sie selbst in komplizierten Momenten für Motivation.

Was ist TheoPrax?

AARON

TheoPrax ist eine Lehr-Lern-Methodik, die Jugendlichen dabei helfen soll, die Lernmotivation bei der Arbeit in naturwissenschaftlichen Fächern zu steigern.

Aus dem Namen lässt sich schon schließen, dass Theorie und Praxis vereint werden. Allerdings verbirgt sich hinter dem Namen noch viel mehr: Das Besondere an TheoPrax ist die Projektarbeit mit Ernstcharakter. Dabei wird, wie in der richtigen Forschung, ein Projekt zu einem aktuellen wissenschaftlichen Anliegen bearbeitet und ein Angebot an einen möglichen Auftraggeber geschrieben. Um das Ziel erfolgreich zu erreichen, bekommen die Teilnehmer Vorträge und Übungen zum Thema Projektmanagement.



Vortrag zur Herstellung von Partikelschaummaterialien

Das Eröffnungswochenende – Der Startschuss

FABIAN

Das Eröffnungswochenende im Juni war der Auftakt der Junior Akademie. Es hatte den Zweck eines ersten Kennenlernens und einer Aufteilung in sinnvoll aufgebaute Teams, in denen wir während der Akademie arbeiteten.

Dieses Teambuilding war essentiell für den reibungslosen Ablauf der Arbeit und eine gleichmäßige Aufteilung der Kompetenzen der Team-

mitglieder. Durch Spiele wurden Kommunikation und Zusammenarbeit trainiert, welche als Geheimrezept von TheoPrax gelten. Außerdem wurden uns die Grundlagen zum Thema Polymere und Schaumstoffe in dieser Zeit nähergebracht.



Kommunikationstraining

Generell war das Eröffnungswochenende wie ein langsames Herantasten an den Alltag in den zwei Wochen der Sommerakademie und somit unverzichtbar für die Organisation der zwei Wochen im Sommer.

Eine unvergessliche Zeit – Die TheoPrax-Sommerakademie

SALOME

Bereits am Anreisetag fand das erste Kurstreffen statt. Es wurden die wesentlichen Kursinhalte sowie der Ablauf der kommenden zwei Wochen besprochen.

Am ersten Tag, nach einer Einheit Projektmanagement, mussten wir innerhalb einer Stunde in den einzelnen Gruppen das Angebot an unseren Auftraggeber schreiben.

Nachdem wir am darauf folgenden Tag die Laboreinweisung bekommen hatten, widmeten wir uns den Vorbereitungen für die Laborarbeit.

Bei unserer ganztägigen Exkursion zum Fraunhofer Institut für chemische Technologie am Montag erhielten wir die Antwort auf unser Angebotsschreiben: den Forschungsauftrag. Somit konnten wir am nächsten Tag mit neuer Energie und dem Auftrag in der Tasche endlich mit den Versuchen beginnen.

Doch viel Zeit blieb uns dafür nicht, denn wir mussten die Rotationspräsentationen vorbereiten. Obwohl uns die dafür eingeplante Zeit anfangs sehr lang erschien, verlief sie doch recht chaotisch und stressig. Das lag aber unter anderem auch daran, dass am zweiten Vorbereitungstag nachmittags das Sportfest stattfand und wir dadurch wertvolle Stunden verloren. Nichts desto trotz lieferten wir am Tag der Rotation eine gute Präsentation ab und ernten viel positive Rückmeldung. Anschließend durften wir endlich wieder ins Labor, um an unserem Projekt weiterzuarbeiten.



Produktive Diskussion über die Zuordnung der Projektphasen

Doch schon am nächsten Tag mussten wir vormittags erneut unsere Forschungsarbeit unterbrechen: der Wandertag stand an. Mit neuem Elan verbrachten wir die drei folgenden Tage jeweils zur Hälfte im Labor und zur Hälfte im Kursraum mit Lerneinheiten zum Thema Projektmanagement.

Als sich die Zeit in der Sommerakademie langsam dem Ende neigte, begannen wir, uns um den Abschlussbericht zu kümmern, in dem wir all unsere Forschungsergebnisse für den Auftraggeber zusammenfassten. Dabei war das Schreiben des Berichtes so zeitintensiv, dass eine Gruppe bis spät in die Nacht arbeiten musste. Denn nicht nur der Bericht sollte in den letzten Tagen fertiggestellt werden, auch die Abschlusspräsentation musste vorbereitet und geübt werden. Doch der Aufwand lohnte sich: Am Mittwoch hielten wir vor den Besuchern, darunter auch unser Auftraggeber Herr Dr. Bader, unseren Vortrag, der gut beim Publikum ankam.

Am Abreisetag, nach dem Aufräumen, setzten wir uns ein letztes Mal zusammen, um unse-

re Erfahrungen während der Sommerakademie auszutauschen. Anschließend gab es für jeden Teilnehmer unseres Kurses ein individuelles Feedback der Kursleiter und der Schülermentorin, bevor es dann schließlich Zeit zum Abschied war. Dieser fiel uns zum Glück nicht allzu schwer, da wir wussten, dass wir uns am Dokumentationswochenende wiedersehen würden. Und wir waren uns sicher: Diese wunderbare Akademiezeit wird immer in unseren Herzen bleiben.

Projektmanagement

ANNIKA, XENIA, JAN

Da wir möglichst effizient arbeiten wollten, setzten wir uns anfangs vor allem mit dem Thema Projektmanagement auseinander. Dies beinhaltete alles, was zur Planung und Durchführung eines Projektes notwendig ist. Zuerst schickten wir unserem Auftraggeber ein Angebotsschreiben, in welchem wir unsere Pläne in Muss-, Kann-, und Soll-Projektergebnisse einteilten, d. h. wir ordneten unsere Ziele nach Wichtigkeit.



Präsentation unserer Risikobewertung

Als Anhang fügten wir dann noch die Risikoanalysen und Zeitpläne der einzelnen Untergruppen ein. Bei der Risikoanalyse machten

wir uns Gedanken darüber, welche Störfälle mit welcher Wahrscheinlichkeit eintreten könnten und wie sie vermieden werden können. Der Zeitplan stellte die für jeden Tag geplanten Arbeitspakete übersichtlich dar. Auch an Meilensteine (wichtige Zwischenziele) und zeitliche Puffer mussten wir denken.

Kreativität und Ideenfindung

Da unser Ziel darin bestand, neue Sinterverfahren zu entwickeln, benötigten wir die Fähigkeit, aus bekannten Informationen neue Kombinationen/Ideen zu bilden, kurz: Kreativität. Die Ideenfindung unterteilt sich in mehrere Phasen: In der analytischen Phase ging es darum, die vorhandenen Probleme zu analysieren und Ziele zu definieren. Darauf folgte die intuitive Phase, in der es besonders wichtig war, dass keinerlei Kritik geäußert wird, damit anfangs scheinbar unmögliche Ideen nicht schon im Keim erstickt werden. In dieser Phase konnte man die Kreativität mithilfe verschiedener Methoden fördern:

- Die ABC-Liste (zu jedem Buchstaben des Alphabets eine spontane Idee aufschreiben)
- Die Kopfstandmethode (die Fragestellung umkehren, z. B. statt „Was macht eine tolle Party aus?“, „Was macht eine schlechte Party aus?“)
- Die Identifikationsmethode (jeder nimmt die Sichtweise einer anderen beteiligten Person ein)

Mithilfe dieser Methoden kamen einige kreative Ideen zustande. Nach einer Bewertung in der dritten Phase wurden nur die besten Ideen schließlich weiterverfolgt.

Kommunikation

Durch mangelnde Kommunikation entstehen 75–80 % aller Probleme bei Projektarbeit. Daher sollten die Kriterien einer gelungenen Kommunikation bekannt sein.

Neben dem Inhalt eines Gesprächs ist auch das äußere Erscheinungsbild nicht zu unterschätzen. Die eigentlichen Worte machen nämlich

nur 7 %, der Tonfall jedoch 38 % der Kommunikation aus. Das Äußere dagegen punktet mit stolzen 55 %. Deshalb legte Moritz bei den Probepräsentationen großen Wert auf unsere Körpersprache und Haltung und korrigierte sie gegebenenfalls.



Kommunikationsspiel „Zeltaufbau“

Dokumentation

Während unserer Arbeit im Labor führten wir durchgehend Protokoll, um später noch nachvollziehen zu können, was wir wann, warum und mit welchem Ergebnis gemacht hatten. Außerdem erleichterte es uns die Erstellung des Abschlussberichts, den wir an den letzten Akademietagen für unseren Auftraggeber verfassten.

Einführung ins Thema

JULIAN

Unser Thema drehte sich im Großen und Ganzen um Partikelschaummaterialien. Diese finden im Alltag zahlreiche Anwendungen: z. B. im Fahrradhelm, bei diversen Verpackungen oder als Material zur Wärmeisolation. Außerhalb der Fachwelt werden solche Kunststoffe häufig als Styropor[®] bezeichnet. Styropor[®] ist jedoch nur ein Markenname für einen speziellen Partikelschaumstoff (expandiertes Polystyrol). Wer damit schon einmal gearbeitet oder seinen Fahrradhelm näher betrachtet hat, dem ist vielleicht aufgefallen, dass das Material aus vielen kleinen Kügelchen besteht. Die naheliegende Frage ist nun: Wie werden diese Kügelchen zu solch einem stabilen Formteil verarbeitet?

Theoretische Grundlagen

MARKUS, TIM, LAURIN

Polymere

Polymere bezeichnen übergreifend bestimmte Arten von Kunststoffen. Sie sind aus vielen einzelnen Molekülketten aufgebaut. Diese Ketten wiederum bestehen aus vielen hundert Molekülen. Aufgrund verschiedener Strukturen werden diese in drei unterschiedliche Gruppen eingeteilt: die Thermoplaste, die durch Verformung auf Hitze reagieren, die Duroplaste, die nicht beziehungsweise kaum auf Hitze reagieren und die Elastoplaste, die leicht verformbar und elastisch sind, aber immer in ihre Grundform zurückkehren.

Für unsere Versuche benutzen wir Thermoplaste (insbesondere Polystyrol (PS) und Polypropylen (PP)), da diese gut auf Hitze reagieren.

Was ist Vorschäumen?

Polystyrol ist durch die Einlagerung von Pentan als Treibmittel expandierfähig, d. h. die Kügelchen können sich ausdehnen. Bei Erhitzung bildet das ursprünglich in die Polymermatrix eingelagerte Gas Bläschen, wodurch die Partikel aufschäumen. Dabei expandieren sie bis auf das 30-fache Volumen. Durch dieses Verfahren wird die zur Weiterbearbeitung benötigte Dichte erreicht.

Der Wirbelschichtvorschäumer

Der Wirbelschichtvorschäumer ist eine Apparatur zum Vorschäumen der Polystyrol-Beads. Vereinfacht ist eine Wirbelschicht ein langes Rohr, an dem unten ein Heißluft-Gebläse angeschlossen wird. Dieses wirbelt dann die Partikel im Rohr auf. In einer Wirbelschicht werden Feststoffpartikel mittels eines Luftstroms in einen flüssigkeitsähnlichen Zustand versetzt. Eine gute Durchmischung in der Wirbelschicht sorgt dafür, dass jedes Partikel gleich viel Wärme abbekommt und somit einheitlich expandiert. Vor Inbetriebnahme muss der mindestens benötigte Luftstrom an Heißluft (Föhn) für das

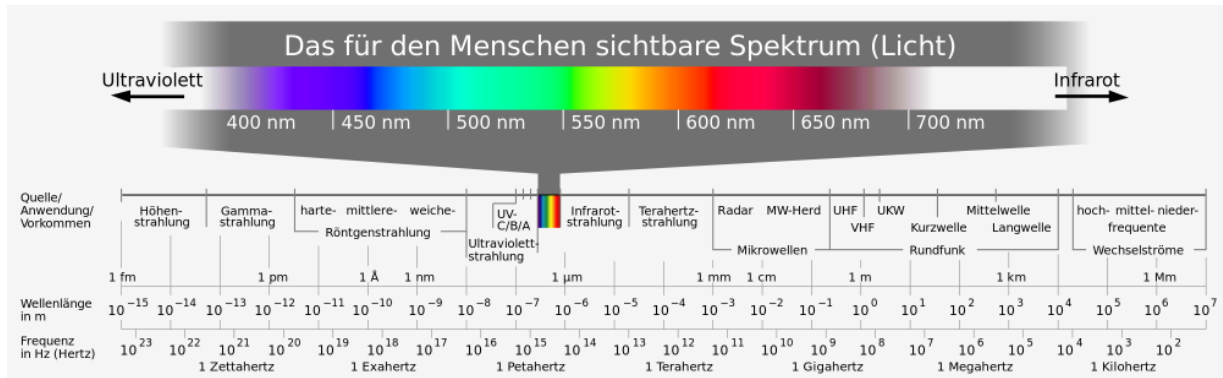
Wirbelschichtrohr mit dem gegebenen Durchmesser des Rohres berechnet werden. Das ist wichtig, damit das Granulat vom Boden (Sieb) des Wirbelschichtrohrs aufgewirbelt wird. Allerdings darf der Volumenstrom, der Luftstrom eines Föhns, nicht zu groß werden, damit die Partikel nicht aus der oberen Öffnung des Wirbelschichtrohrs herausfliegen. Für die verwendeten Abmessungen ergab sich ein Volumenstrom von 48 l/min.



In höchster Konzentration

Was ist Sintern?

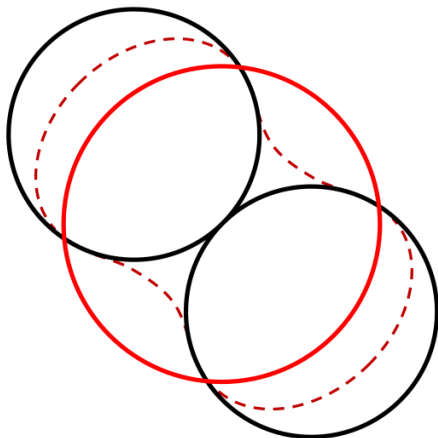
Sintern ist ein Verfahren zur Herstellung oder Veränderung von Formteilen. Dabei werden kleine Materialteilchen (z. B. Polystyrol- oder Polypropylen-Beads (=Kügelchen), Keramik- oder Metallpulver) teils unter erhöhtem Druck erhitzt, wobei die Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur der Hauptkomponenten bleiben. Aufgrund ihres Bestrebens, möglichst wenig Oberflächenenergie zu benötigen, „verbacken“ die Beads zu einem großen Formteil.

Das elektromagnetische Spektrum²

Wir nutzten Polystyrol, da dieses beim Sintern noch etwas expandiert und wir so keine eng gepresste Füllung in der Form benötigten. Wir sinterten bei ungefähr 130 °C.

Mikrowellensintern

Mikrowellenstrahlung ist ein geläufiger Name für den Frequenzbereich elektromagnetischer Wellen von 1 bis 300 GHz (Wellenlänge von 300 mm bis 1 mm). Diese wechselwirken mit einem Dipol (ein polares Teilchen), wie zum Beispiel Wassermolekülen, welche sich dann durch Teilchenbewegung erhitzen.



Schematisches Versintern von zwei Kugeln (schwarz) zu einer Kugel mit gleichem Volumen und geringerer Oberfläche (rot)

Wir haben uns dieses Phänomen zunutze gemacht indem wir in unsere Form mit den Polystyrol-Beads Wasser hinzugegeben haben. Das

Wasser erhitze sich durch die Mikrowellenstrahlung und übertrug diese Wärme auf das Polystyrol, was für die zum Sintern nötige Temperatur sorgte.

Infrarotstrahlung

Der Astronom Friedrich Wilhelm Herschel entdeckte die Infrarot-Strahlung schon vor knapp 200 Jahren. Diese elektromagnetischen Wellen der IR-Strahlung befinden sich jenseits des vom Menschen sichtbaren Spektrums. Sie kann einen Körper durchdringen, von diesem reflektiert oder absorbiert werden. Grundsätzlich strahlt jeder Körper mit einer Temperatur von über 0 Kelvin Wärme ab (Eigenstrahlung). Außerdem absorbieren schwarze Stoffe die Strahlung am besten, im idealen Fall komplett. Aus diesem Grund lassen sich zum Beispiel schwarze Polypropylen-Beads einfacher durch IR-Strahlung erhitzen. Für die Versuche wurde nach einem Stoff recherchiert, der für Infrarotstrahlung durchlässig ist. Dabei sind wir auf den Stoff „Quarzglas“ gestoßen.

Wärmeleitung

Temperatur bedeutet Teilchenbewegung, das heißt, je höher die Temperatur eines Stoffes ist, desto stärker sind die Teilchen darin in Bewegung. Wärme wird dann geleitet, wenn ein wärmerer Stoff einen anderen kälteren direkt danebenliegenden Stoff erwärmt und dabei selbst abkühlt. Einfach erklärt stoßen die Teilchen des wärmeren Stoffes dabei die des kälteren an, so wird die Innere Energie angeglichen. Für unsere Versuche hatten wir die Idee,

²Abbildung: Wikimedia, Horst Frank / Phrood / Anony, CC BY-SA

dieses Verfahren durch die Erhitzung von Kupferdrähten in der Sinterform anzuwenden. Dies wäre mittels eines Kurzschlusses sowie über eine externe Hitzequelle aufgrund der geringen Wärmekapazität von Kupfer sehr gut möglich gewesen. Dieser Aufbau würde jedoch ein zu hohes Sicherheitsrisiko darstellen, weshalb wir es nicht durchführen konnten.

Die Probleme des aktuellen Sinterverfahrens

JULIAN

Momentan wird üblicherweise heißer Wasserdampf für den zum Sintern nötigen Wärmeeintrag genutzt. Die Sintertemperatur liegt knapp unter der Schmelztemperatur der Materialien, d. h. diese „backen“ zusammen. Da die Sintertemperatur von Polypropylen deutlich über der Siedetemperatur von Wasser liegt, ist es nötig, den Wasserdampf unter einen hohen Druck zu setzen, um die Siedetemperatur zu erhöhen.

Zu Beginn des Sintervorgangs wird Heißdampf in eine mit den Kügelchen gefüllte Negativ-Form eingeblasen. Kurz darauf hält man ein fertig gesintertes Formteil in den Händen.



Geöffneter Formteilautomat, zu sehen ist die massive Sinterform

Dieses Verfahren benötigt jedoch sehr viel Energie. Zunächst ist da die Druckerzeugung, welche Energie beansprucht. Zudem sind entsprechend massive Negativ-Formen erforderlich, um dem Druck standhalten zu können. Zur Erhitzung dieser Formen wird wiederum viel Energie benötigt, die beim Abkühlen der Form ungenutzt verloren geht.

Um diesem Problem nachzugehen, haben wir den Auftrag bekommen, an alternativen und damit dampffreien Sinterverfahren zu forschen. Unser Ziel war es, eine möglichst energieeffiziente Methode zu identifizieren, ohne Abstriche bei der Stabilität der Formteile im Vergleich zu den mit Dampf gesinterten Formteilen machen zu müssen.

Gruppe Sintoflex

ANNIKA, SALOME

Unsere Gruppe hat es sich als Ziel gesetzt, mithilfe einer Mikrowelle zu sintern. Dafür haben wir mit drei verschiedenen Versuchsaufbauten gearbeitet, die im Folgenden erläutert werden.

Vorschäumen in der Mikrowelle

Um unsere Versuche überhaupt durchführen zu können, benötigten wir vorgeschäumtes EPS. Dieses mussten wir selbst herstellen, indem wir EPS-Mikrogranulat für ein paar Minuten in kochendes Wasser gaben.

Erst nutzten wir zum Erhitzen des Wassers eine Herdplatte, so wie wir es beim Eröffnungswochenende gelernt hatten. Dann kam uns aber die Idee, statt einer Herdplatte die Mikrowelle zu verwenden. Schon beim ersten Versuch stellte sich heraus, dass dieses Verfahren wesentlich zeitsparender ist, da das Wasser deutlich schneller auf die zum Vorschäumen nötige Temperatur gebracht werden kann. Aus diesem Grund stellte unsere Gruppe das EPS ab diesem Zeitpunkt nur noch in der Mikrowelle her.

Sintern im Reagenzglas

Als erstes hatten wir die Idee, eine doppelwandige und somit besser isolierte Form aus zwei unterschiedlich großen Reagenzgläsern zu bauen. Dazu steckten wir die beiden Reagenzgläser ineinander und erhitzen sie über dem Bunsenbrenner, um sie an der Öffnung verschmelzen zu lassen. Dies funktionierte auch, jedoch bekam die Form beim Abkühlen Risse am verschmolzenen Rand. Zuerst dachten wir, dass dies am zu schnellen Abkühlen liegt. Deshalb

fürten wir den Versuch noch einmal durch und achteten darauf, dass die Flamme des Bunsenbrenners nur langsam schwächer wird. Allerdings schaltete jemand versehentlich den Strom aus, weshalb wir den Versuch abbrechen und ein drittes Mal durchführen mussten. Als die Reagenzgläser auch beim langsamen Abkühlen brachen, fiel uns auf, dass sie verschiedene Schmelztemperaturen haben. Sie dehnten sich beim Erwärmen unterschiedlich stark aus bzw. zogen sich beim Abkühlen unterschiedlich stark zusammen, was dann zum Sprung des Glases führte. Aus diesem Grund entschieden wir uns daraufhin gegen die doppelwandige Form und verwendeten stattdessen ein einfaches Reagenzglas.

Nun zu unserem eigentlichen Versuch: Unser Versuchsaufbau bestand aus einem Reagenzglas, welches wir mit feuchtem EPS befüllten und in die Mikrowelle stellten. Dabei war es wichtig, auf die richtige Wasserverteilung zu achten, denn nur polare Stoffe wie Wasser können mit den Mikrowellen wechselwirken und so Wärme erzeugen. Dabei gilt: je mehr Wasser, desto schneller erfolgt die Erhitzung. Wenn aber zu viel Wasser verwendet wird, setzt es sich in der unteren Reagenzglashälfte ab und führt somit zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung.



Fehlgeschlagenes Sintern im Reagenzglas

Damit unser Reagenzglas stehend in der Mikrowelle erhitzt werden konnte, benötigten wir einen Ständer. Aus Mangel an geeignetem Material kamen wir auf die Idee, eine Küchengarrolle zu diesem Zweck umzufunktionieren. Nachdem wir es also mit dem Reagenzglas in die Mikrowelle gestellt hatten, wunderten wir uns bald schon über den Rauch, der durch die durchsichtige Mikrowellentür zu sehen war. Wir brachen den Versuch unverzüglich ab und

entfernten die außen verkohlte und sehr heiße Garnrolle aus der Mikrowelle. Da das Garn sich aufgrund seiner organischen Bestandteile nicht nur selbst erhitzt hatte, sondern außerdem auch sehr gut isolierte, wurde es in diesem Teil des Reagenzglases sehr heiß, sodass das EPS komplett schmolz.



Verkohltes Garn

Deshalb suchten wir nach einer anderen, ebenfalls metallfreien Möglichkeit, um das Reagenzglas zu stabilisieren. Dafür benutzten wir letztendlich ein Becherglas. Dieses war zunächst so hoch, dass es ca. ein Drittel des Reagenzglases bedeckte. Der untere Abschnitt des Glases war somit im Gegensatz zum oberen isoliert, und es kam wieder zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung. Aufgrund dessen fielen die EPS-Kügelchen zusammen bzw. begannen zu schmelzen. Daraufhin verwendeten wir ein Becherglas, das dieselbe Höhe wie das Reagenzglas hatte.

Nun versinterten die EPS-Kügelchen zwar gleichmäßig, jedoch standen wir vor einem neuen Problem: Unser fertiges Formteil musste schließlich aus dem Reagenzglas heraus. Dies erwies sich als sehr schwierig, da es nach der Volumenzunahme beim Sinterprozess im Reagenzglas feststeckte. Bei unseren Versuchen, es aus dem Glas zu lösen, mussten wir sowohl Beschädigungen am Formteil als auch ein weiteres gebrochenes Reagenzglas in Kauf nehmen. Um dies in Zukunft zu umgehen, recycelten wir bereits beschädigte Reagenzgläser, in deren Boden wir ein Loch schmolzen. Dadurch konnten wir unsere Ergebnisse ohne großen Aufwand mit Hilfe von Pressluft aus der Form pusten. Um die Löcher in den Reagenzglasboden zu stechen, benötigten wir allerdings viel Zeit. Daher hielten wir nach einem Gefäß Ausschau, das

von Anfang an zwei Öffnungen hatte: Das Reaktionsrohr, mit dem wir die weiteren Versuche durchführten, erfüllte diese Bedingungen.

Sintern im Reaktionsrohr



Reaktionsrohr mit EPP in der Mikrowelle

Nun konnten wir das EPS von beiden Seiten mithilfe von schmalen Reagenzgläsern in das Rohr schieben und stark zusammenpressen. Dabei achteten wir darauf, dass wir nicht zu viel Druck auf das Glas ausübten, da es sonst gebrochen wäre.

Nachdem schließlich das feuchte EPS-Granulat dicht genug eingefüllt worden war, verschlossen wir das Reaktionsrohr an beiden Seiten mit Hilfe eines Lochstopfens und legten es dann in die Mikrowelle. Wir testeten, wie lange das Material auf welcher Stufe zum „Verbacken“ benötigte und erreichten schließlich ein erfreuliches Ergebnis: Die Kügelchen waren gut miteinander versintert. Als wir unser Formteil dann in der Mitte durchbrachen, sahen wir außerdem, dass der Bruch durch die Kügelchen und nicht an deren Kontaktstellen entlang verlief. Dies zeugte von guter Qualität.

Zusätzlich führten wir Belastungstests durch. Dazu klemmten wir unseren gesinterten Stab zwischen zwei Schraubzwingen ein und hängten in seine Mitte Gewichte. Der stabilste Stab hielt knapp vier Kilogramm aus und war somit sehr belastungsfähig.

Sintern im Becherglas

Um eine andere Form auszuprobieren, nahmen wir nun zwei Bechergläser zur Hand, füllten das

eine mit EPS und stellten ein zweites Becherglas zum Verschließen darüber. Beim Erhitzen wurde das obere Becherglas durch die expandierenden Kügelchen jedoch so stark nach oben gedrückt, dass das EPS nicht versinterte. Stattdessen erhielten wir nur einzelne, expandierte Kügelchen. Um diese zum Versintern zu bringen, benötigten wir höheren Druck. Deshalb befüllten wir das obere Becherglas nun mit Sand, um es zu beschweren.



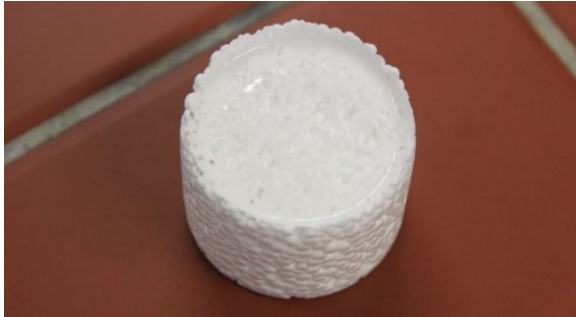
Belastungstest

Doch der Sand war nicht nur zu leicht, sondern isolierte auch so stark, dass das EPS im oberen Teil zusammenschmolz. Aus diesem Grund verwendeten wir im nächsten Versuch EPP als wärmedämmende Schicht zwischen den beiden Gefäßen. Außerdem nutzten wir anstelle von Sand Steine, in der Hoffnung, dass diese schwer genug waren. Doch selbst mit diesen Steinen war das Becherglas noch zu leicht, weshalb das EPS wieder nicht versinterte. Außerdem schmolz trotz unserer Dämmschicht sowohl das EPS als auch das EPP. Da wir keine Zeit hatten, weiterhin nach Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen, mussten wir diese Versuchsreihe leider ohne befriedigende Ergebnisse abbrechen.

Was haben wir daraus gelernt?

Abschließend können wir festhalten, dass das Sintern in der Mikrowelle generell möglich ist. Dazu müssen die Kügelchen gleichmäßig mit ausreichend Wasser befeuchtet und dicht gepresst in die Sinterform gegeben werden.

Bei unseren Versuchen erwies sich das Reaktionsrohr als die am besten geeignete Sinterform, in der wir mit dem geringsten Aufwand die besten Ergebnisse erzielen konnten. Dies lag daran, dass wir das Rohr von beiden Seiten befüllen und die EPS- Kügelchen zusammenpressen konnten. Außerdem war es recht schmal, sodass die Mikrowellenstrahlung jede Stelle erreichte.



Sintern im Becherglas

Zudem konnten wir durch die zwei Öffnungen an beiden Seiten unser Formteil gut aus der Form herausnehmen. Das heißt, wir können nicht genau sagen, ob das Fertigen großer Formteile im industriellen Maßstab möglich ist.

Da wir stabile, gut versinterte Formteile in der Mikrowelle reproduzierbar herstellen konnten, haben wir letztendlich aber unser Ziel erreicht.



Gelungenes Sinterergebnis

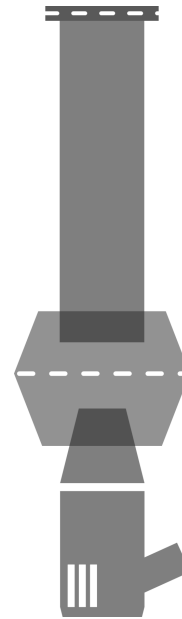
4Sintern

YANNIKA, MARKUS

Vorarbeit

Im Team 4Sintern machten wir uns viele Gedanken zu unserem Versuch und verbrachten auf der Suche nach interessanten Lösungsansätzen viel Zeit im Internet. Während einer intensiven Recherche kristallisierten sich nach und nach wenige Favoriten heraus. Wir beschäftigten uns näher mit den Vorschlägen Induktion, Wirbelschicht und Mikrowellenstrahlung.

Außerdem überlegten wir, Kupferdrähte zu benutzen, um die Beads in einer Form zu erhitzen. Allerdings stellte sich dieser Aufbau als zu gefährlich heraus. Deshalb konzentrierten wir uns auf die bis dahin noch sicher erscheinenden Ansätze: Das Vorschäumen mit einem Wirbelschichtreaktor und das Versintern in einer Mikrowelle.



Schematischer Versuchsaufbau Wirbelschichtvorschäumer

Zur Vorbereitung berechneten wir schon vor der Sommerakademie den richtigen Durchmesser für unseren Reaktor. Hierfür verwendeten wir Abschätzungen aus einer Ingenieur-Vorlesung für verschiedene Größen wie den Leerraumanteil in unserem Granulatbett. Zusätzlich planten wir, einen Zyklon-Abscheider an unseren Reaktor anzuschließen, der Granulat, heiße Luft und expandierte Beads automatisch voneinander trennen sollte. Auch dazu waren einige Berechnungen nötig, jedoch war uns schnell klar, dass dieser Zusatz wahrscheinlich mehr Zeit als zwei Wochen in Anspruch nehmen würde. Für die Mikrowellenversuche waren derartige Berechnungen nicht nötig.

Als wir schließlich alles fertig berechnet und geplant hatten, konnten wir unsere Materialliste einen knappen Monat vor der Sommerakademie an unsere Kursleiter schicken und sie mit ihnen absprechen.

Versuchsaufbau

Als wir in Adelsheim dann endlich alle Materialien zusammengestellt hatten und mit unserem Aufbau loslegen konnten, wurde es ernst. In unserem endgültigen Entwurf für den Wirbelschichtreaktor entschieden wir uns, einen Industrieföhn, welcher Temperaturen bis 600 °C ermöglicht, als Heißluftquelle und Gebläse zu benutzen.



Der Industrieföhn

Alternativ verwendeten wir einen normalen Haushaltsföhn. Da der aus Gips angefertigte Fuß des Wirbelschichtreaktors mit einem in der Mitte eingearbeiteten Netz ursprünglich nur für die Maße des Industrieföhns angepasst war, mussten wir für den Haushaltsföhn eine Düse aus Metall und Aluminiumfolie bauen. Diese hitzebeständige Düse verhinderte, dass Luft entweichen konnte. Außerdem erhöhte sie die Geschwindigkeit der Luft. Das Netz, das direkt darüber angebracht war, diente dazu, dass keine Kügelchen aus dem Granulatbett in den Föhn fallen konnten. Oben in den Reaktor steckten wir ein langes Metallrohr mit einem Durchmesser von ca. 8 cm. Damit oben am Rohr keine Kügelchen in den Abzug entweichen, aber die Luft ausströmen konnte, befestigten wir dort ein grobes Netz.

Für unseren Mikrowellenversuch experimentierten wir mit verschiedenen Sinterformen. Unsere erste Sinterform bestand aus zwei Bechergläsern, wobei das eine mit der Öffnung nach unten in das andere gestellt wurde und wir den Boden mit Wasser befeuchteten. Außerdem benutzten wir ein Reagenzglas und eine Reaktionsröhre, jeweils mit Lochstopfen verschlossen.



Fuß des Wirbelschichtvorschäumers

Beobachtungen

Wir haben zu Beginn bemerkt, dass unser Granulat entweder nicht wirklich zu wirbeln begann oder direkt miteinander versinterte. Bei einem Experiment wurde das Granulat zu heiß und tropfte durch das Netz in den Industrieföhn, wodurch er ausbrannte und damit unbrauchbar wurde. Mit unserem Haushaltsföhn wirbelte das Granulat zu Beginn auch nicht auf oder es sinterte zu früh. Nach einigen Modifizierungen des Aufbaus waren die EPS-Beads allerdings auf ca. 2 mm Durchmesser vorgeschäumt und noch nicht miteinander versintert, ein Erfolg.



Im Wirbelschichtreaktor vorgeschäumtes EPS

In der Mikrowelle hatten wir mit unserer ersten Sinterform, einem Aufbau, bei dem ein Becherglas umgestülpt in einem anderen Becherglas mit ein wenig Wasser stand, kein zufriedenstellendes Ergebnis mit EPS erreicht. Auch die Versuche mit EPP in selbiger Form endeten ähnlich. Aus unserer zweiten Sinterform, einem Reagenzglas, bekamen wir das Formteil nur sehr schwer heraus. In der Reaktionsröhre hin-

gegen gelang uns ein gut versintertes Ergebnis, für das wir sogar unser eigens vorgeschäumtes Material aus dem Wirbelschichtreaktor verwendet hatten.

Fehlerdiskussion

Zu Beginn stellte das Netz im Reaktor einen zu hohen Widerstand dar. Wir erhöhten deshalb sowohl den Volumenstrom als auch die Temperatur, gingen dabei aber zu schnell vor, und es wurde zu heiß. Das Granulat schmolz. Mit dem Haushaltsföhn hatten wir das Problem, dass er nicht in die Form passte und die Luft zum Teil am Reaktor vorbeiströmte. Durch unsere selbstgebaute Düse konnten wir dieses Problem jedoch lösen. Die Temperatur des Föhns war allerdings zu hoch, weswegen das Granulat zu schnell sinterte. Deswegen legten wir Pausen ein und erhitzen das Granulat stufenweise.

Die Bechergläser in der Mikrowelle schlossen nicht bündig, sodass die Beads an dem oberen Becherglas vorbei entweichen konnten, zudem konnte das Wasser nicht gleichmäßig verteilt werden. Das Reagenzglas war schon bei kleinsten Mengen EPS nach dem Sintern und weiterem Expandieren so dicht gefüllt, dass sich das Formteil nicht mehr herausnehmen ließ, außerdem ließ sich das Wasser auch hier nicht gleichmäßig verteilen. Im Reaktionsrohr waren zwei Öffnungen vorhanden, sodass das Formteil leichter herauszubekommen war, zudem war die Wasserverteilung besser.

Fazit

Das Vorschäumen im Wirbelschichtreaktor ist gut möglich, jedoch sollte beachtet werden, dass das Granulat nicht zu lange einer hohen Temperatur ausgesetzt ist, Pausen sind dabei essentiell.

Wir erhielten unser bestes Ergebnis bei einem ersten Aufwirbeln von 15 s. Danach folgten vier Intervalle von je 5 s, und zwischen jedem Intervall machten wir eine Pause von 2–3 s. Um das ganze Verfahren noch effizienter zu gestalten, müsste ein Weg gefunden werden, die Heißluft wiederzuverwenden, z. B. in dem man einen geschlossenen Kreislauf einrichtet, bei dem die

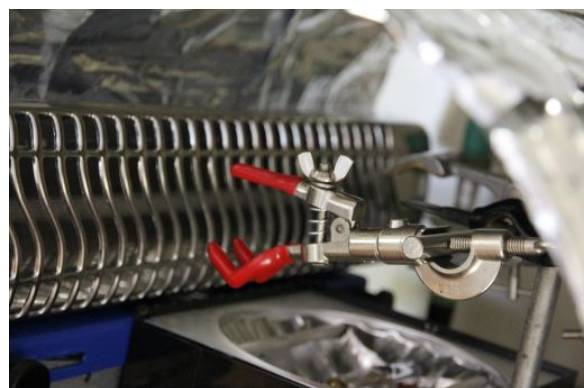
Heißluft zurückgeleitet wird. Da der Vorgang momentan noch ein Batch-Prozess (d. h. es muss immer wieder unterbrochen werden) ist, bietet sich eine Automatisierung an. In der Mikrowelle muss vor allem auf die gleichmäßige Wasserverteilung großen Wert gelegt werden. Außerdem muss bei der Menge an EPS sehr genau auf die Dosierung geachtet werden, damit das Formteil aus der Reaktionsröhre mit dem Lochstopfen nicht zu kompakt sintert. Die Strahlungsverteilung in der Mikrowelle ist nicht gleichmäßig und müsste deshalb für ein einheitliches Ergebnis angepasst werden. Und auch hier könnte der Batch-Prozess durch eine Automatisierung zu einem kontinuierlichen Verfahren umgestellt werden.

Team [wlRsinta.]

JULIAN, XENIA

Versuchsaufbau

Um unser Vorhaben – das Sintern mit Infrarotstrahlung – zu verwirklichen, hat sich unsere Gruppe am Anfang der Laborzeit zunächst mit dem Versuchsaufbau beschäftigt und die nötigen Materialien entweder schon mitgebracht oder dann aus der Sammlung des Chemie-Labors zusammengetragen. Zu Beginn verwendete unser Team den folgenden Versuchsaufbau:



Versuchsaufbau im Detail

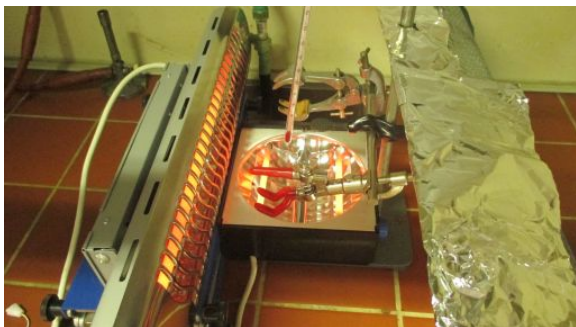
Als Grundbaustein diente ein Stativ, an dem wir Stativklammern so befestigt hatten, dass unsere Sinterform parallel zu dem großen Infrarotstrahler mit der einer Leistung von 600 Watt

liegt. Als Sinterform benutzten wir eine Quarzglasröhre, da Quarzglas besonders durchlässig für Infrarotstrahlung ist. Die Quarzglasröhre verschlossen wir an beiden Enden mit zwei Korkstopfen. Damit das Treibmittel Pentan, das vor dem Sintern in den EPS-Beads vorhanden ist, entweichen kann, haben wir in einen der Korkstopfen drei kleine Löcher gebohrt.

Den großen Infrarotstrahler stellten wir auf Hebebühnen. Da uns noch ein anderer Infrarotstrahler, (mit 300 Watt Leistung), zur Verfügung stand, legten wir diesen unter die Sinterform beziehungsweise die Stativklappen. Außerdem bauten wir noch zwei Reflektoren. Dazu bogen wir zwei Maschendraht-Rechtecke annähernd zu einem Halbrund und bespannten sie mit Aluminiumfolie. Durch ein Loch im Maschendraht konnten wir die Reflektoren ebenfalls am Stativ befestigen.

Vorarbeiten

Bevor wir mit unseren eigentlichen Sinterversuchen begannen, kam unser Teammitglied Xenia auf die Idee, erst einmal die Temperatur an der Stelle der Sinterform zu messen. Diese Maßnahme war sehr sinnvoll, denn wir alle hatten Sorge, dass wir mit unseren zwei Infrarotstrahlern die nötige Temperatur überhaupt nicht erreichen können.

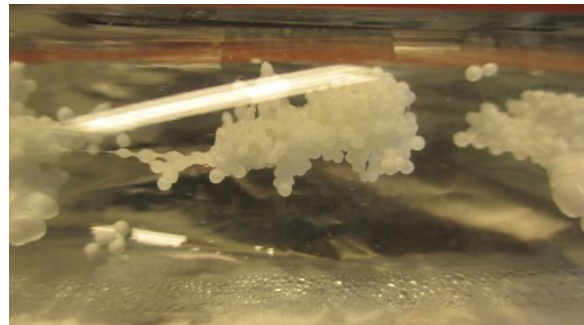


Erste Temperaturmessungen

Doch das Thermometer hat die passenden Temperaturen angezeigt, wie sie auch beim Dampfsintern am Eröffnungswochenende zum Sintern der EPS-Beads ausgereicht haben. Diese Ergebnisse stimmten das ganze Team bezüglich unseres Vorhabens wieder optimistischer.

Durchführung

In der nächsten Laborschiene konnten wir dann endlich mit unseren eigentlichen Sinterversuchen beginnen. Zunächst befüllten wir die Sinterform mit unseren vorgeschäumten, abgewogenen EPS-Beads und verschlossen das Quarzglasrohr anschließend mit den Korkstopfen. Danach legten wir die Sinterform mit drei Zentimetern Abstand zum großen Infrarotstrahler in die Stativklappen und schalteten die Infrarotstrahler ein. Doch schon nach fünf Minuten mussten wir feststellen, dass die EPS-Beads anfangen zu schmelzen, und brachen den Versuch ab. Es hat sich also herausgestellt, dass die zwei Infrarotstrahler wider Erwarten zu viel Hitze erzeugten.



Die geschmolzenen EPS-Beads

Ein Ziel, viele Verbesserungen

Demnach war schnell klar, dass wir den schwächeren und kleineren Infrarotstrahler entfernen müssen. Daraus ergab sich das Problem, dass unser Quarzglasrohr immer nur von einer Seite bestrahlt wurde. Dies konnten wir durch regelmäßiges Drehen der Quarzglasröhre lösen. Um die jeweilige Position der Sinterform zu erkennen, markierten wir die Korken mit einem Strich.

Doch auch beim zweiten Versuch schmolzen die EPS-Beads. Daher vervierfachten wir den Abstand der Sinterform zum Infrarotstrahler. Dies führte jedoch dazu, dass die Beads selbst nach einer halben Stunde nur ansatzweise versintert waren. Deswegen entschlossen wir uns dazu, den Abstand der Sinterform zum Infrarotstrahler wieder zu verringern. Diese Veränderung brachte schon recht gute Ergebnisse hervor, da wir zusätzlich die Drehfrequenz der Sinter-

form erhöht hatten. Zwar war unser Formteil an manchen Stellen perfekt versintert, an anderen Stellen sind die EPS-Beads jedoch wieder geschmolzen.



Der neue Versuchsaufbau

Nach vier Versuchen bemerkten wir, dass die Temperatur der Infrarotröhre in der Nähe des Stromeingangs höher war. Dies konnten wir durch Messungen belegen. Deswegen stellten wir die Sinterform im nächsten Versuch schräg zum Infrarotstrahler, sodass die Sinterform näher am weniger stark strahlenden Abschnitt ist. Dieser Aufbau brachte aber ähnliche Ergebnisse wie der vorherige. Daher drehten wir die Sinterform nicht nur wie gewohnt, sondern vertauschten auch regelmäßig die hintere und die vordere Seite der Sinterform. Nachdem wir dann auch noch den Abstand der Sinterform zum Infrarotstrahler optimiert hatten, hielten wir endlich ein gelungenes Ergebnis in den Händen: Überall gleichmäßig versintert, nichts geschmolzen und sehr stabil.



Ein mäßig gutes Ergebnis

Natürlich wollten wir dieses Ergebnis reproduzieren, was uns leider nicht mehr gelang. Die Ursache dafür war, wie die Temperaturmes-

sungen zeigten, dass der Infrarotstrahler nach längerer Nutzungsdauer nicht mehr die gleiche Leistung erbrachte. Die Zeit war zu knapp, um einen neuen Infrarotstrahler zu beschaffen.

Fehlerdiskussion

Folgende Probleme und Fehler ergaben sich während unserer Versuche:

Das EPS/EPP schmolz, da zwei Infrarotstrahler das EPS/EPP zu stark erhitzen und der Abstand vom Infrarotstrahler zum Quarzglasrohr zu gering war. Die EPS/EPP-Kügelchen expandierten (beziehungsweise versinterten) auch nach sehr langer Zeit nicht gut, weil ein einzelner Infrarotstrahler mit großem Abstand für zu niedrige Temperaturen sorgte. Da die Halterungen des Quarzglasrohres die beiden Enden verdeckte, drang weniger Infrarotstrahlung an die verdeckten Stellen vor, weshalb sich diese weniger stark erhitzen.



Unser bestes Ergebnis

Auch war eine konstante und gleichmäßige Bestrahlung der Probe so gut wie unmöglich, da das Glas vermutlich kleinste Unreinheiten aufwies und das Alter der Infrarotstrahler die Leistung beeinflusste. Der leistungsstärkere Infrarotstrahler schaltete sich außerdem alle 10 Minuten selbstständig ab. Die verwendeten Infrarotstrahler (einfache Haushaltsgeräte) strahlten nachgewiesenermaßen nicht gleichmäßig.

Die genannten Aspekte trugen dazu bei, dass die Qualität unserer Ergebnisse beeinträchtigt wurde. Wenn alle – oder zumindest einige – dieser Probleme beseitigt werden könnten, wäre ein gutes Endprodukt nicht unwahrscheinlich, da wir trotz der Probleme bereits ein akzeptables Ergebnis erzielen konnten.

Fazit/Ergebnis

Das Versintern von EPS bzw. EPP durch Infrarotstrahlung ist grundsätzlich möglich. Da diese Art des Sinterns aber viel Zeit benötigt, die Eindringtiefe der Infrarotstrahlung relativ gering ist, die Sinterform gleichmäßig bestrahlt werden muss und immer der perfekte Abstand zur Form eingehalten werden muss, ist eine Massenproduktion mithilfe von Infrarotstrahlung aktuell schwer umsetzbar. Doch wenn weiterhin an dieser Methode gearbeitet und geforscht wird, ist die Anwendung der Methode in der Zukunft durchaus vorstellbar.

Exkursion zum Fraunhofer ICT

TIM

Den Tag, an dem unsere Exkursion ans Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) im Pfinztal auf dem Plan stand, wird wohl kein TheoPraxler vergessen. Nach dem Frühstück trafen wir uns vor dem Eckenberg-Gymnasium. Von dort aus machten wir uns auf den Weg zur Bushaltestelle in Adelsheim. Nach ein paar Minuten Wartezeit kam auch schon der Bus, doch das war erst der Anfang unserer von Schienen-Ersatz-Verkehr (SEV) geprägten Odyssee zum Fraunhofer ICT. Mit dem Bus fuhren wir etwa anderthalb Stunden durch kleine Ortschaften und übers Land, bevor wir bei Heilbronn in einen Zug umsteigen konnten. Dieser erreichte nach etwa einer Stunde Bietigheim-Bissingen, wo wir eine S-Bahn nahmen, die uns nach einer weiteren Stunde Fahrt endlich in das Pfinztal brachte. Die letzte Hürde zum Fraunhofer Institut war ein Berg, den wir noch erklimmen mussten. Während der Fahrt unterhielten wir uns über die Schule, Sport und Hobbys, wodurch wir uns besser kennenlernten und jeder einen Einblick in die Interessen der anderen bekam. Alle waren froh, nach fast vier Stunden Fahrt endlich am Institut angekommen zu sein, und verfolgten interessiert eine Präsentation über die Forschungen des Fraunhofer ICT und das aktuelle Sinterverfahren.

Nachdem uns Frau Dennard über die Themenbereiche des ICT informiert hatte, überreichte uns Frau Parrisius (Leiterin des TheoPrax Zen-



Besichtigung der Maschinen

trums) die Aufträge für unsere Forschungsprojekte. Danach führte uns Herr Dr. Bader die technischen Gerätschaften zur Forschung an Partikelschaummaterialien vor. Dabei zeigte er uns Maschinen zur Herstellung der Polystyrol- und Polypropylen-Beads. Dazu gehören sowohl der Unterwassergranulierer als auch der Formteilautomat für das Versintern. Wir durften sogar bei einem Sinterprozess zuschauen und ein Ergebnis unter die Lupe nehmen. Trotz der Hitze war es sehr interessant, die Vorgänge, welche wir theoretisch behandelt hatten, in der praktischen Anwendung zu sehen. Bevor wir wieder die Heimreise antraten, machten wir noch ein schönes Gruppenfoto vor dem Formteilautomaten und verabschiedeten uns von Herrn Dr. Bader mit einer Einladung für die Abschlusspräsentation.



Gruppenfoto

Danach traten wir die Rückfahrt an, die noch turbulent als die Hinfahrt war. Wegen des SEV hatten wir in Bietigheim-Bissingen eine Verschnaufpause von vierzig Minuten. Beim Umsteigen in den Bus in Heilbronn hätten wir fast zwei Teilnehmer im Zug vergessen, weil sie nach der anstrengenden Exkursion ein Nickerchen machten. Durch die heißen Temperaturen und den Stau kam uns der überfüllte Bus zu-

rück nach Adelsheim wie eine Sauna vor, was unsere gute Stimmung aber höchstens ein ganz kleines bisschen trübte.

Ein fest versintertes Team

LORINA

Neben all dem wissenschaftlichen Arbeiten haben Claras kreative Spiele für eine willkommene Abwechslung gesorgt. Unsere Schülermentorin hat sich für uns wirklich ins Zeug gelegt. Bei Lukas' Lieblingsspiel „Kotzendes Känguru“ wird nicht nur die volle Konzentration des Auserwählten beansprucht, sondern auch die seiner Kreinsnachbarn. Beim dem Spiel „Evolution“ mussten wir uns durch das bekannte „Schere, Stein, Papier“-Prinzip von der Amöbe zum Menschen hocharbeiten.



Über alle Hindernisse

Um unsere Kommunikationsfähigkeiten zu trainieren, versuchten wir, unter der sprachlichen Anleitung eines Sehenden mit verbundenen Augen ein Zelt aufzubauen. Dabei haben wir gemerkt, was wir gemeinsam erreichen können, wenn wir uns gut miteinander absprechen. Es war immer ein großer Spaß. Doch die Spiele brachten nicht nur Abwechslung und Spaß – sie haben uns auch zu einem „zusammengeschnurzeltem“ Team gemacht! TheoPrax und die wilde 13 hat auch am Sportfest seinen unerschütterlichen Teamgeist und seine Kommunikations- und Diskussionsfreude unter Beweis gestellt. Mit Kraft beim Kleinlastwagenziehen, mit Geschick beim Teebeutel-Weitwurf und mit Schnelligkeit beim Staffellauf hat die TheoPrax-Mannschaft einen stolzen vierten Platz erreicht. Denn egal was passiert – TheoPrax rasiert!



Egal was passiert – TheoPrax rasiert!

Abschlusspräsentation

JAN

Die Abschlusspräsentation am vorletzten Akademietag war eine gute Möglichkeit für Eltern, Teilnehmer, Ehemalige und viele andere, um einen Einblick in das Akademieleben der vergangenen zwei Wochen zu bekommen.

Unsere Präsentation begann mit einer kurzen Einführung in das Thema „Versintern von Partikelschaummaterialien“. Darauf folgten die Vorstellung des „TheoPrax-Prinzips“ und ein Theorieteil zum Thema Projektmanagement. Anschließend gingen wir näher auf unsere Problemstellung ein und stellten die Lösungsansätze und Ergebnisse der drei Untergruppen vor.

Zum Schluss bekamen wir unsere TheoPrax-Zertifikate überreicht, womit unser Projekt offiziell beendet wurde. Besonders erfreut waren wir über das Erscheinen unseres Auftraggebers Herrn Dr. Bader vom Fraunhofer ICT sowie das große Interesse seitens der Zuschauer.

Fachliches Fazit

LAURIN

Da bei den entwickelten Verfahren keine hohen Drücke nötig sind, können Energie und Materialien für die Sinterformen eingespart werden. Die Lösungsansätze verlangen jedoch die Überwindung von einigen Hindernissen: Beim Sintern mit Mikrowellenstrahlung muss zum Beispiel Wasser hinzugegeben werden, um die Strahlung zu absorbieren und so das Material zu erhitzen. Nach dieser Beigabe können sehr gute und gleichmäßig gesinterte Ergebnisse erreicht werden.

Das Sintern mit Infrarotstrahlung ist eine weitere Möglichkeit, wobei hier einiges an Optimierung nötig ist, um ein gleichmäßig versintertes Formteil zu erhalten. Ein weiterer Ansatz ist, das Polystyrol-Mikrogranulat mit Heißluft vorzuschäumen (siehe auch Wirbelschicht) und dieses anschließend in der Mikrowelle zu versintern.

Mit diesen Verfahren können wir Formteile produzieren, welche stabil und gut versintert sind.



Beispiel für ein gutes Ergebnis

Ausblick

LUKAS

Obwohl wir während unserer Projektarbeit gute Forschungsergebnisse erreicht haben, gibt es noch viel Potential, um weiterzuforschen. Für das Mikrowellensintern würde es sich beispielsweise empfehlen, anstelle von Wasser einen anderen polaren Stoff als Rezeptor der Mikrowellenstrahlung für die Wärmeentwicklung zu nutzen. Außerdem könnten Druckbeständigere und generell größere Formen zur Herstellung der Formteile genutzt werden.

Was das Infrarotsintern angeht, wäre es in Zukunft sinnvoll, auf eine automatische Drehung des Präparates mithilfe eines Motors zu setzen. Außerdem könnte man mit einem Strahler, der höhere und gleichmäßige Strahlungsleistung erbringen kann, bessere Ergebnisse erzielen.

Beim Wirbelschichtvorschäumer würde sich ein System zur Heißluftwiederverwertung anbieten, da momentan noch ein Großteil der Heißluft oben durch das Gitter entweicht. Um das ständige Öffnen und Schließen des Reaktors zu ver-

meiden, könnte eine automatische Trennung von vorgeschäumten Beads und heißer Luft mithilfe eines Zyklons umgesetzt werden, was die Effizienz und die Bedienbarkeit stark verbessern würde.

Zwischen den Zeilen

LORINA

Die zwei Wochen Sommerakademie sind viel zu schnell vorübergegangen. 14 Tage mit Laborarbeit, Präsentationen, Exkursion, Sportfest, Rotation, Projektmanagement, Teambuilding und vielen neuen Eindrücken erweiterten unseren Horizont. Etliche Liter Tee sind geflossen, unzählige Male wurden Ergebnisse dokumentiert, verbessert und umsortiert, unendlich viele Momente nehmen wir als Erinnerungen und Erfahrungen aus dem Kurs mit.



Produktives Arbeiten braucht Teamgeist

Wir haben ein Forschungsprojekt angefangen und mit Erfolg zu Ende geführt. Gemeinsam sind wir durch alle Höhen und Tiefen gegangen, haben gelernt, gegrübelt, gespielt und ganz viel gelacht. Die Zeit im Kurs hat uns so viel mehr gegeben, als wir zum Zeitpunkt, an dem wir uns noch einmal zum Abschluss der zwei Wochen zusammengesetzt haben, erahnen konnten. Uns hat sich eine ganz neue Atmosphäre eröffnet, in der wir mit Gleichgesinnten an einem Strang ziehen konnten, in der jeder motiviert war, das Ziel zu erreichen.

Unsere Kursleiter haben uns viel beigebracht, uns motiviert und als Mentoren, aber auch als Freunde zur Seite gestanden. Jeder wurde so angenommen, wie er ist, und konnte mit seinen individuellen Eigenschaften den Kurs bereichern. Jeder von uns nimmt etwas aus der Kursarbeit mit zurück in den Alltag, mit dem

Wissen, dass man ein so tolles Team nicht alle Tage findet.



Der Kurs in Aktion

Danksagung

FABIAN

Wir möchten uns herzlich bei allen unseren Förderern und Unterstützern bedanken. Großer Dank gebührt unserem Auftraggeber Herrn Dr. Bader vom Fraunhofer ICT für die Finanzierung und Ermöglichung unseres Projektes. Wir sind der Science Academy Baden-Württemberg besonders dankbar für das Angebot und die Organisation des Kurses. Des Weiteren sprechen wir einen unaussprechlichen Dank an unsere Kursleiter Matthias, Moritz und Clara für ihren unglaublichen Einsatz und ihre Geduld, mit denen sie die gemeinsame Arbeit erst möglich gemacht haben, aus. Schließlich möchten wir uns beim Landesschulzentrum für Umwelterziehung für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und des Geländes bedanken. Ohne dies wäre das Ganze nicht möglich gewesen.

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_trakforko_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
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
Wikimedia-Nutzer David Karnå
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
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
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.