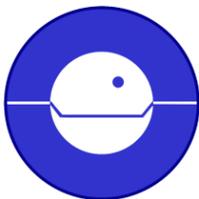


# JuniorAkademie Adelsheim

## 13. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2015



**Astronomie**



**Bodenkunde**



**Digitaltechnik**



**Kulturgeschichte/  
Medienwissenschaft**



**Physik**



**TheoPrax**



**Dokumentation der  
JuniorAkademie Adelsheim 2015**

**13. Science Academy  
Baden-Württemberg**

**Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2015:**

Regierungspräsidium Karlsruhe  
Abteilung 7 –Schule und Bildung–  
Hebelstr. 2  
76133 Karlsruhe  
Tel.: (0721) 926 4454  
Fax.: (0721) 933 40270  
E-Mail: georg.wilke@scienceacademy.de  
petra.zachmann@scienceacademy.de  
[www.scienceacademy.de](http://www.scienceacademy.de)

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 13. JuniorAkademie Adelsheim 2015 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X gesetzt.

*Gesamtredaktion und Layout:* Jörg Richter  
*Druck und Bindung:* RTB Reprinttechnik Bensheim  
Copyright © 2015 Georg Wilke, Petra Zachmann

# Vorwort

Dieses Jahr fanden sich wieder 72 Schülerinnen und Schüler sowie Leiter, Mentoren und die Leitung zur mittlerweile 13. JuniorAkademie Baden-Württemberg in Adelsheim ein.

Die Akademie beginnt mit dem Eröffnungswochenende und findet durch das Schreiben der Dokumentation an einem Wochenende im Herbst ihren Abschluss. Im Sommer nennen wir zwei Wochen lang das Landesschulzentrum für Umwelterziehung auf dem Eckenberg unser Zuhause.

Zwischen dem Eröffnungswochenende und dem Dokumentationswochenende durchleben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Entwicklung nicht nur in fachlicher, sondern auch in persönlicher Hinsicht. Sie bekommen einen Einblick in wissenschaftliches Arbeiten und setzen sich intensiv mit ihrem Kursthema auseinander. Die Arbeit im Kurs stellt für sie eine Herausforderung dar, an der ihre Persönlichkeit reift.

Während des Sommers wachsen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu einer großen Gemeinschaft zusammen. Auf dem Campus herrscht eine unbeschreibliche Atmosphäre, die einen durch die Akademiezeit trägt.

Symbolisiert werden diese Entwicklungen durch ein Motto. In diesem Jahr betrachteten wir einen Baum, der für verschiedene Aspekte der Akademie steht. Am Jahresanfang ist der Baum noch kahl. Für die Teilnehmer ist alles neu und unbekannt, und sie kennen sich noch nicht. Indem sie sich auf ihre Weise im Kurs oder bei kursübergreifenden Angeboten engagieren und die Akademie gestalten, geben sie dem Akademiebaum Nährstoffe, sodass er Blätter, Äste und Früchte bilden kann. Diese können wir ernten und mit in die Zukunft nehmen. Die geschlossenen Freundschaften, neuen Interessen und schönen Erinnerungen werden uns noch lange prägen.



Während der Akademie begleitete uns ein Baum aus Holz, an den Erlebnisse angepinnt werden konnten. Um den Akademiebaum zum Leben zu erwecken, wurde am Dokumentationswochenende ein Mispelbaum auf dem Eckenberg gepflanzt. Der „reale“ Baum wird wachsen, Wurzeln schlagen und Früchte tragen – selbst wenn die gemeinsame Zeit zu Ende ist. Auch für die folgenden Akademiegenerationen wird der Baum sich weiterentwickeln – und wer weiß, vielleicht treffen wir einen von euch dort wieder.

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

Eure/Ihre Akademieleitung



Anna Kandziora (Assistenz)



Maybritt Schillinger (Assistenz)



Georg Wilke



Dr. Petra Zachmann

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b>	<b>3</b>
<b>KURS 1 – ASTRONOMIE</b>	<b>7</b>
<b>KURS 2 – BODENKUNDE</b>	<b>27</b>
<b>KURS 3 – DIGITALTECHNIK</b>	<b>55</b>
<b>KURS 4 – MEDIEN</b>	<b>71</b>
<b>KURS 5 – PHYSIK</b>	<b>97</b>
<b>KURS 6 – THEOPRAX</b>	<b>117</b>
<b>KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE</b>	<b>131</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>147</b>





## Kurs 5 – Die Lehre von Strömungen – Tür zu, es zieht!



### Wir Physiker stellen uns vor

**Alex** wurde wegen seiner Größe auch „Alexander der Große“ genannt und hat sich durch nichts aus der Ruhe bringen lassen. Er war immer konzentriert und hilfsbereit. Mit seiner ruhigen Art konnte er gute Gespräche führen und sehr aufmerksam zuhören. Außerdem hat er unseren Kurs in der Schach-KüA würdig vertreten.

**Anni** kam immer ausgeglichen und gut gelaunt in den Kurs. Sie war für alles offen, interessiert und immer hilfsbereit. Mit ihrem Humor und ihrer Art, Begeisterung auszudrücken, war sie in und nach der Akademie immer wieder ein Lichtblick. Bei den Präsentationen zeichnete sie sich besonders durch ihre verständlichen Erklärungen aus.

In ihrer Freizeit und den KüA-Schienen war sie oft beim Sport oder im Chor zu finden.

**Clara K.** war die Geduld in Person. Egal was passierte, Clara gab nicht auf. Obwohl sie eher zurückhaltend war, zeigte sie immer Motivation und Interesse. Dank ihr wurden unsere Versuche bis ins kleinste Detail dokumentiert und hinterher auch pünktlich abgeschlossen. In den KüA-Schienen unterstützte sie oft das Orchester mit ihrer Klarinette.

**Clara D.** war wegen ihres Interesses und ihrer Art, ungewöhnliche Fragen zu stellen, eine richtige Bereicherung für unseren Kurs. Sie engagierte sich sehr, besonders für ihr eigens gewähltes Thema „Sandrippel“, welches sie stets zielstrebig und optimistisch bearbeitete. Auch konnte sie sich für Vie-

les begeistern (speziell für Musik) und war durch ihre Fröhlichkeit eine Person, mit der man sich auch gerne mal neben dem Kurs traf.

**Daniel S.** war beim Sportfest der Teebeutelweitspuckmeister unseres Kurses. Er war locker und gelassen, dachte aber immer mit. Für die Rotation stellte er gemeinsam mit Jonas die PowerPoint-Präsentation zusammen. Außerdem brachten die beiden uns mit ihrem improvisierten Lied über Isoopropanol oft zum Lachen. In den KüA-Schienen nahm er häufig an der Sport-KüA teil, in dessen Rahmen er auch mit Jonas zusammen anderen Teilnehmern einen Einblick ins Handballspielen bot.

**Daniel W.** (auch Magnus genannt) war sehr motiviert und strukturiert. Trotzdem konnte man mit ihm gut lustige Gespräche führen. Obwohl er fürs Joggen zu Zeiten aufstand, an denen die meisten anderen noch tief schliefen und am Ende der Akademie ziemlich erkältet war, war er immer aufmerksam und aktiv. In den KüA-Schienen zeigte er sich als begeisterter Speedstacker und Basketballer.

**Jonas** war immer für einen Spaß zu haben und lockerte so die Kursatmosphäre auf. Seine wissbegierigen Fragen, insbesondere in der Kosmologie, brachten unseren Kurs weiter und deckten interessante Details auf. Beim Sportfest zeichnete er sich durch seinen Ehrgeiz und Tatendrang aus. Auch machte er viel Sport in der Sport-KüA, in dessen Rahmen er auch mit Daniel zusammen anderen Teilnehmern einen Einblick ins Handballspielen bot.

**Julius** war unser Computerexperte. Von Videobearbeitung bis PowerPoint kannte er sich mit allem aus und erklärte es auch uns anderen. Obwohl er eher zurückhaltend war, engagierte er sich doch sehr und setzte zum Beispiel hinterher den Entwurf für unser Kurs-T-Shirt technisch um. Von den Kursinhalten her war die Differentialrechnung, die er auch super erklären konnte, sein Spezialgebiet.

**Mai** war die rasende Reporterin und selten ohne ihre Kameras anzutreffen, die sie auch

immer gerne an uns verlieh. Durch ihre fröhliche Art verwickelte sie immer wieder Kursteilnehmer in Gespräche und brachte damit den Kurs zusammen. Sie war zielbewusst und ehrgeizig, so dass Rechenaufgaben aus dem Kurs zur Not auch unter viel Gelächter beim Abendessen beendet wurden. Sie zeigte sich stets sehr engagiert, auch bei der Foto-KüA, in der sie andere Teilnehmer für die Fotografie begeisterte.

**Marwin** sprudelte nur so vor Ideen und löste so auf kreative Weise das eine oder andere Problem. Beim Essen fand er immer ein Gesprächsthema, so dass nie Langeweile aufkam. In der Improtheater-KüA bereitete er uns mit lustigen Szenen viel Spaß. Außerdem nahm er regelmäßig an der Blender-KüA teil, in der er auch eine Animation unseres Wasserkanals programmierte.

**Niklas** war voller Ideen und Tatendrang, womit er einen großen Beitrag zu unserem Kurs-T-Shirt leistete. Er war immer interessiert und arbeitete unermüdlich. Beim Sportfest übernahm er an vielen Stationen die Führung und sortierte unsere chaotischen Ideen, damit wir die Aufgaben umsetzen konnten. Morgens im Plenum war er oft unter den Zeitungslesern, die uns über aktuelle Ereignisse informierten, während er nachmittags in der Theater-KüA aktiv mitwirkte.

**Noah** war unser Modellbauer. Er war handwerklich sehr begabt und half auch uns anderen beim Umgang mit den Sägen. Im Kurs war er sehr aufmerksam und brachte immer wieder Ideen für neue Konstruktionen ein. Bei der Rotation und am Abschlussstag präsentierte er mit seiner ruhigen Art sehr gut und verständlich.

**Theresa** unsere weltklassige Schülermentorin, war im Vergleich zu den energiegeladenen anderen Kursleitern ein Ruhepol und machte eindeutig die ordentlichsten Tafelaufschriebe. Sie unterstützte uns, wo sie konnte und schaute immer, dass es uns gut ging. Auf der Fahrt zur Exkursion stellte sie uns Rätsel gegen Langeweile. Außerdem entwarf sie die Stromlinien unserer PowerPoint-Präsentation und war die Catch-the-rabbit-Meisterin.

**Alicia** versprühte immer gute Laune und Motivation. Sie machte uns Mut, Fragen zu stellen und erklärte alles, dies gerne auch mehrfach, ohne die Geduld zu verlieren. Durch ihre offene und herzliche Art gab sie jedem das Gefühl dazuzugehören und war immer für uns da. Ihr Optimismus und ihre Denkanstöße durften in unserem Kurs auf gar keinen Fall fehlen. Es war total schön mit anzusehen, wie sehr Alicia sich bei Erfolgen mit uns freute.

**Jochen** hatte mit seiner großen Lebenserfahrung immer einen Tipp oder Denkanstoß parat und ließ keine Frage unbeantwortet. Er sorgte mit Witz für Ordnung und Ruhe (und räumte zur Not auch hinter uns her). Mit seiner lockeren und direkten Art „meckerte er auf hohem Niveau“, wofür wir ihm sehr dankbar sind, lobte aber auch viel und mit Begeisterung. Sein Lieblingswort war neben „flow“ (für das Sportfest) „systematisch“, das er systematisch und oft benutzte.

**Valentina** erklärte uns alles mit viel Engagement und Spaß, zur Not auch noch „kurz“ beim Abendessen. Sie unterstützte alle unsere Ideen und machte uns immer wieder Mut weiterzumachen. Mit ihrer fröhlichen Art ließ sie im Kursraum jeden Tag neu die Sonne aufgehen und unterhielt sich mit uns über Fachliches, Persönliches, aber auch über alle möglichen Rätsel und Inseln. Beim Sportfest und bei den Experimenten fieberte sie immer mit uns mit und half uns, wo sie konnte.

**Tür zu, es zieht** – der Kurs der unbegrenzten Möglichkeiten. Wieso? – Weil wir unsere Gedankenflüsse in den großen Kursstrom mit einfließen lassen konnten. Waren die Gedankenflüsse laminar oder turbulent? – Im Endeffekt immer wieder laminar; denn, obwohl es zwischendurch turbulente Umwege gab, haben wir es geschafft, in den zwei Wochen vieles zu erreichen: Nachdem wir uns die mathematischen Grundlagen erkämpft hatten, konnten wir unserem Ideenfluss freien Lauf lassen und einige angestaute Fragen beantworten. Je nach Interesse teilten wir uns in verschiedene Gruppen auf, die im Folgenden Einblicke in ihre Projekte geben. Bei unserer turbulenten Reise

begegneten wir vielen Effekten, wie z. B. Ziegel, die vom Dach flogen; der gekrümmten Flugbahn eines Balls; Sandrippel, die sich durch Strömungen bildeten; Druckmessgeräten und – ganz nach unserem Kursmotto – Zugluft in Gebäuden und Städten. Auch machten unsere teils turbulenten Gedankengänge unseren Kurs nie langweilig und wir konnten, immer ein Ziel vor Augen, viele unserer Vorstellungen realisieren, wobei unsere Fantasie aber auch für zwei weitere Wochen gereicht hätte.

Und jetzt – Tür auf, tretet ein in die Welt der Strömungsphysik!

## Exkursion ans KIT

NOAH FUCHS, NIKLAS ZISCHKA

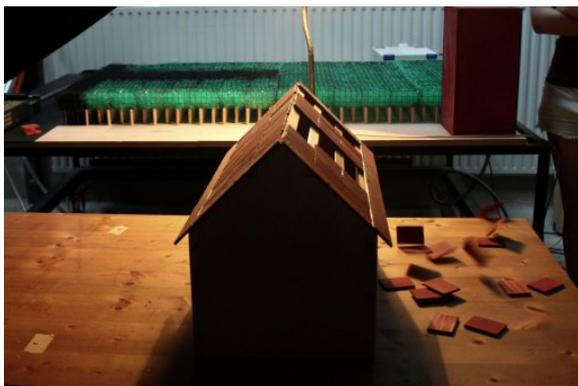
Am Montag, den 31. August, unserem vierten Akademietag, machten wir eine Exkursion an das KIT (Karlsruher Institut für Technologie) in das Laboratorium für Gebäude- und Umweltaerodynamik. Dort angekommen, durften wir eine Führung von zwei Ingenieurinnen genießen, die am Institut für Hydromechanik promovieren.



Zu Beginn wurden uns zwei der vier großen Windkanäle des Instituts vorgestellt. Der erste war in der Göttinger Bauart konstruiert. Das bedeutet, dass der Windkanal einen zirkulierenden Luftstrom erzeugt, der an einer Stelle einen offenen Messbereich besitzt. In diesem Windkanal befand sich ein Quader mit bewegliche Wänden, die die Effekte der Luftströmung sichtbar machten. Auf die Quader-Vorderseite wirkte demnach ein Staudruck, wodurch die

Wand dort eingedrückt wurde. Auf die Seitenwände und die Rückwand wirkte hingegen ein Unterdruck, die sich dadurch auswölbten. Um die Strömungen sichtbar machen zu können, befand sich vor dem Quader eine Rauchlanze, die Nebel in die Luftströmung injizierte. Da der Nebel mit dem Luftstrom mitgerissen wurde, konnte so der Luftstrom sichtbar gemacht werden. Dadurch sah man direkt die Strömungen um einen Quader. Wir bekamen die Erklärung, dass sich hinter dem Quader sogenannte Turbulenzen bildeten. Diese treten immer dort auf, wo Strömungen auf Kanten treffen und sich von der Oberfläche des Objektes ablösen.

Dies wurde uns dann auch an einem Hausmodell mit kleinen Dachziegeln verdeutlicht. Nachdem die Strömung auf die Vorderseite des Hauses getroffen ist, strömte sie nach oben über die Dachkante weg. Dort fand eine sogenannte Ablösung statt. Dieser Effekt trat aufgrund des scharfen Winkels der Dachkante auf. Infolgedessen bildeten sich Turbulenzen, die eine höhere Geschwindigkeit annahmen als die Umgebungsluft. Nach dem Bernoulli-Effekt entsteht demnach ein Unterdruck an der Dachoberfläche. Da im Haus noch der Normaldruck herrschte, strebten diese zwei unterschiedlichen Drücke einen Druckausgleich an. Die dabei entstandene Kraft bewirkte, dass die Dachziegel von der der Strömung abgewandten Dachfläche heruntergerissen wurden.



Abgedecktes Dach im Windkanal

In der folgenden Tabelle sieht man für verschiedene Szenarien, wie groß die dabei benötigte Windgeschwindigkeit sein muss, damit die Ziegel vom Dach fliegen:

Konstellation	$v_{\text{Wind}}$ [m/s]
alle Türen geschlossen	8,6
Vordertür offen	5,2
Vorder- und Hintertür offen	17,1

Windgeschwindigkeiten, bei denen das Dach abgedeckt wurde

Nachdem wir uns mit den prinzipiellen Grundlagen der Strömungsphysik vertraut gemacht hatten, kamen wir zu den Natur- bzw. Wetterphänomenen und ihren Folgen. In einem Experiment wurde uns das Funktionsprinzip eines Tornados anschaulich gemacht und erklärt.

Ein weiteres Naturphänomen war der sogenannte Downburst (deutsch: Fallböe). Dieser tritt auf, wenn sich sehr große Luftmassen abkühlen. Als Folge stürzen diese Luftmassen sehr schnell zu Boden und breiten sich dann explosionsartig in alle Richtungen aus. Dadurch erreichen sie am Boden Windgeschwindigkeiten von mehr als 100 Kilometer pro Stunde. Problematisch wird es nun, wenn ein Downburst direkt auf eine Stadt trifft. Dort werden die Winde durch die engen Straßen noch zusätzlich beschleunigt. Dadurch entstehen aber nicht nur hohe Windgeschwindigkeiten, die sehr viel Schaden verursachen können, sondern zudem auch ein geringerer Druck. Dieser erzeugt Kräfte, die Fenster zerbersten können.

An unserer letzten Station kamen wir zu Modellen von Gebäude- bzw. Stadtstrukturen, an denen Messungen im Windkanal durchgeführt wurden. An diesen Modellen zeigte man uns die zahlreichen Druckmesspunkte, von denen jeder einzelne Druckmesswerte an eine Auswertungseinheit weiterleitet. So können Aussagen über die jeweilige konstruktive Form getroffen werden.

Als Abschluss durften wir auch selbst Experimente in einem Physikkolabor durchführen. So haben wir im Windkanal den Widerstandskoeffizient von verschiedenen Formen berechnet, die dieselbe Angriffsfläche besaßen. Mit diesem neu erworbenen Wissen mussten wir leider schon wieder den Rückweg nach Adelsheim antreten.

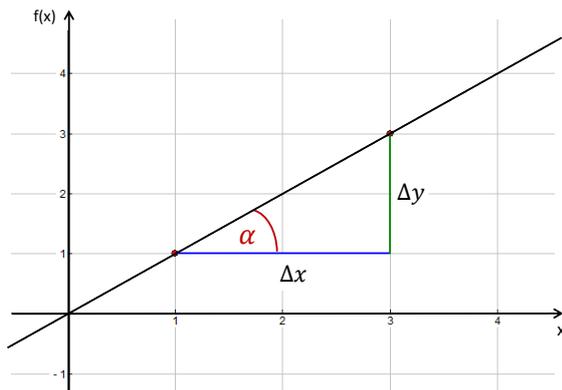
Wir bedanken uns nochmal ganz herzlich bei Frau Klausmann und Frau Richter für ihre sehr informative und anregende Führung!

## Mathematischen Grundlagen

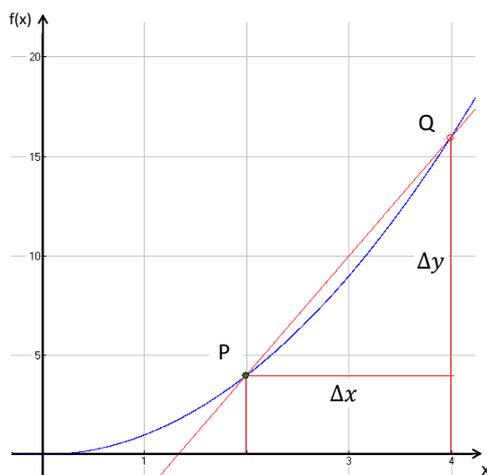
JULIUS HERB, NIKLAS ZISCHKA

In der Physik ist es häufig interessant, die Veränderung einer Größe zu beschreiben. Mit dieser Problemstellung befasst sich die Differentialrechnung.

### Einführung in die Differentialrechnung



Bei einer linearen Funktion  $f(x) = m \cdot x + c$  ist diese Änderung konstant. Der Graph ist eine Gerade, die Änderung entspricht dem Steigungsfaktor, der durch den Tangens des Winkels  $\alpha$  beschrieben wird, den die Gerade mit der x-Achse bildet. Der Quotient aus den Katheten des Steigungsdreiecks ist der Steigungsfaktor  $m = \tan(\alpha) = \frac{\Delta y}{\Delta x}$



Bei nicht-linearen Funktionen ändert sich die Steigung je nach Stelle  $x$ . Um auf die Steigung an einem Punkt zu gelangen, ermittelt man die Steigung der Tangente an diesem Punkt. Da

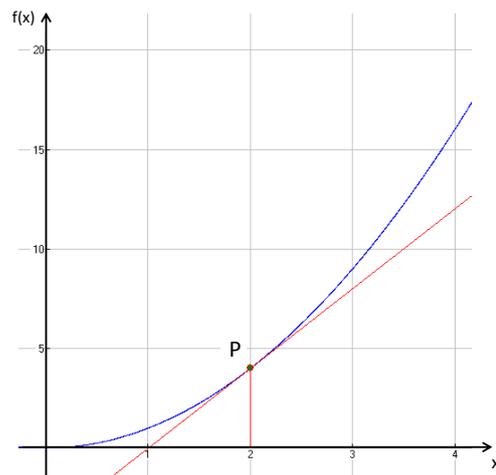
diese nicht ohne weiteres zu bestimmen ist, beginnen wir mit einer Sekante durch den Punkt  $P(x|f(x))$  und  $Q(x+\Delta x|f(x+\Delta x))$ . („Sekante“ von lateinisch „secare“ – „schneiden“)

Die Steigung dieser Sekante wird durch den Differenzenquotient beschrieben:

$$m_s = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Für  $\Delta x \rightarrow 0$ , fallen bei stetigen Funktionen  $Q$  und  $P$  zusammen. Aus der Sekante wird eine Tangente, man erhält als Grenzwert die Steigung für die Funktion  $f$ . Diesen Grenzwert nennt man Differentialquotient oder Ableitung der Funktion  $f$  an der Stelle  $x$ .

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$



Wir ermitteln nun exemplarisch  $f'(x)$  für die Funktion  $f(x) = x^2$ . Dazu setzen wir jetzt  $f(x)$  in den Differenzenquotient und erhalten:

$$\frac{(x + \Delta x)^2 - x^2}{\Delta x}$$

Da  $\Delta x \rightarrow 0$ , darf  $\Delta x$  nicht im Nenner eines Bruches stehen. Um es kürzen müssen wir erst den Zähler mithilfe der Binomischen Formeln vereinfachen zu

$$\frac{2x\Delta x + \Delta x^2}{\Delta x}$$

Nach einigen Umformungen können wir durch  $\Delta x$  kürzen und erhalten

$$\frac{\Delta x (2x + \Delta x)}{\Delta x} = 2x + \Delta x$$

Es gilt nun:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} (2x + \Delta x) = 2x$$

Somit ist die Ableitung der Funktion  $f(x) = x^2$  die Funktion  $f'(x) = 2x$

### Ableitungsregeln

Allgemein kann man für Potenzfunktionen folgende Regeln herleiten:

$$\begin{aligned} f(x) &= a \cdot x^n \\ f'(x) &= n \cdot a \cdot x^{n-1} \\ f''(x) &= (n-1) \cdot n \cdot a \cdot x^{n-2} \end{aligned}$$

### Differentialgleichungen

Genug der Grundlagen! Jetzt werden wir uns den Differentialgleichungen zuwenden. Differentialgleichungen sind Gleichungen, die neben „normalen“ Variablen auch Funktionen und Ableitungen dieser enthalten können. Das Lösen einer Differentialgleichung ist daher deutlich schwerer als das Lösen einer herkömmlichen Gleichung.

Man kann eine Differentialgleichung lösen, indem man eine Funktion sucht, die in die Gleichung passen könnte und diese überprüft. Wir haben das Aufstellen und Lösen einer Differentialgleichung am Beispiel einer Federschwingung durchgeführt. Zur Auslenkung der Feder ist eine Kraft notwendig, die proportional zur Auslenkung ist. Also gilt nach dem Hookeschen Gesetz:

$$F = -Dx$$

dabei ist  $D$  die Federkonstante, ein Proportionalitätsfaktor, der die Härte der Feder angibt und  $F$  die Federkraft. Auch gilt nach dem Newtonschen Kraftgesetz  $F = ma = \dot{p} = m\ddot{x}$ , da die Beschleunigung die zweite Ableitung der Strecke ist.

Somit können wir folgende Differentialgleichung aufstellen

$$\begin{aligned} m\ddot{x}(t) &= -Dx(t) \\ \ddot{x}(t) &= -\frac{D}{m}x(t) \end{aligned}$$

Zur Auflösung der Differentialgleichung, benötigen wir nun eine Funktion  $x(t)$ , die die Differentialgleichung erfüllt. In diesem Fall ist die Funktion, die den Verlauf einer harmonischen Schwingung beschreibt, die Cosinus-Funktion

$$x(t) = x_0 \cos(\omega t)$$

$\omega$  ist der Dehnungsfaktor von  $T$ , der Periodendauer. Nun müssen wir die Funktion mit der Kettenregel ableiten.

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= -x_0 \omega \sin(\omega t) \\ \ddot{x}(t) &= -x_0 \omega^2 \cos(\omega t) \\ \ddot{x}(t) &= -\omega^2 x(t) \end{aligned}$$

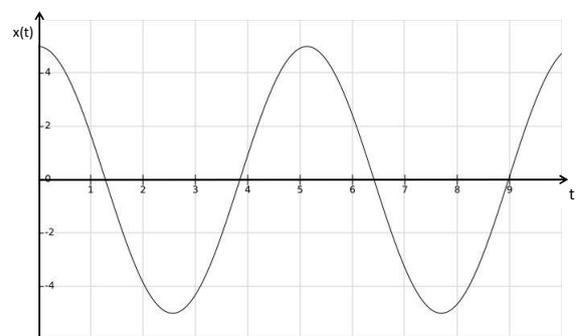
Jetzt können wir  $\ddot{x}(t)$  gleichsetzen und erhalten somit

$$\begin{aligned} -\frac{D}{m}x(t) &= -\omega^2 x(t) \\ -\frac{D}{m} &= -\omega^2 \end{aligned}$$

Damit wir nun die Formel für die Periodendauer einer Schwingung berechnen können, setzen wir  $\omega T = 2\pi$ . Daraus folgt  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .  $\omega$  ist ein Faktor, der die Periodendauer staucht und streckt.

$$\begin{aligned} \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 &= \frac{D}{m} \\ T^2 &= (2\pi)^2 \frac{m}{D} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} \end{aligned}$$

### Simulation der Federschwingung



Simulation der Federschwingung

Mithilfe von Differentialgleichungen konnten wir das Verhalten einer schwingenden Feder

mit einer Funktion anhand von verschiedenen Parametern modellieren. Zum Beispiel:

Anfangszustand:  $x_0 = 5 \text{ cm}$

Masse:  $m = 2 \text{ kg}$

Federkonstante:  $D = 3 \text{ N/cm}$

In unserem Kurs haben wir uns auch mit der Navier-Stokes-Gleichung beschäftigt.

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v} \frac{\partial \vec{v}}{\partial \vec{x}} = \frac{1}{\rho} \left( -\frac{\partial P}{\partial \vec{x}} + \eta \frac{\partial^2 \vec{v}}{\partial \vec{x}^2} + \vec{F} \right)$$

Diese ist eine Differentialgleichung, die das Verhalten von Fluiden beschreibt.

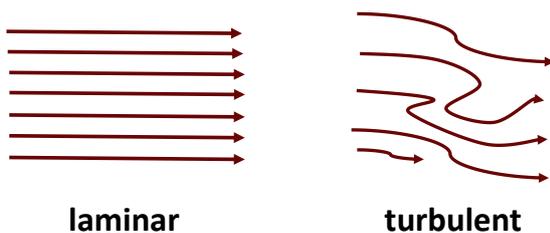
Die Navier-Stokes-Gleichung ist übrigens noch nicht gelöst. Sie wurde von dem Clay Mathematics Institute in die Liste der Millennium-Probleme aufgenommen. Auf die Lösung dieser Probleme ist ein Preis von 1.000.000 US-Dollar ausgelobt.

## Grundlagen der Strömungsphysik

MAI SAITO, DANIEL WEGGENMANN

### Laminare und turbulente Strömung

Strömungen kann man grundsätzlich in zwei Arten unterteilen, in laminare und turbulente Strömungen.



**laminar** **turbulent**

Laminare und turbulente Strömung: Die Strömungslinien der laminaren Strömung sind parallel, bei der turbulenten wild durcheinander.

Laminare Strömungen sind gleichmäßige Strömungen, bei denen keine Turbulenzen auftreten und somit die Strömungslinien parallel verlaufen. Bei turbulenten Strömungen gibt es, wie die Bezeichnung schon verrät, Turbulenzen und Wirbel und die Strömung ist insgesamt ungleichmäßig. Turbulenzen können auftreten,

wenn eine laminare Strömung auf eine Grenzfläche bzw. Kante trifft.

Diese Strömungen konnte man simpel in unserem Windkanal feststellen, indem wir einen Wollfaden in die Strömung hielten. Dieser flatterte nur minimal, was auf eine laminare Strömung schließen lässt. Als jedoch vor unserem Wollfaden ein Hindernis in die laminare Strömung gehalten wurde, gab es hinter dem Hindernis Wirbel, welche auf eine turbulente Strömung zurückzuführen sind.



Links: Laminare Strömung,  
Rechts: Turbulente Strömung um ein Hindernis.

### Kontinuitätsgleichung

Eine Möglichkeit, Luftströmungen zu beschreiben, ist die Luftgeschwindigkeit. Deshalb haben wir in unserer Gruppe Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt:



Wir benutzten einen Windkanal, welcher durch die Rotation einer Turbine Luft einsaugt und diese danach beschleunigt. Vor den Windkanal wurden zwei Steine gestellt, um eine Gasse zu simulieren. Wir wollten herausfinden, ob durch die Variation der Abstände unterschiedliche Luftgeschwindigkeiten gemessen werden können.

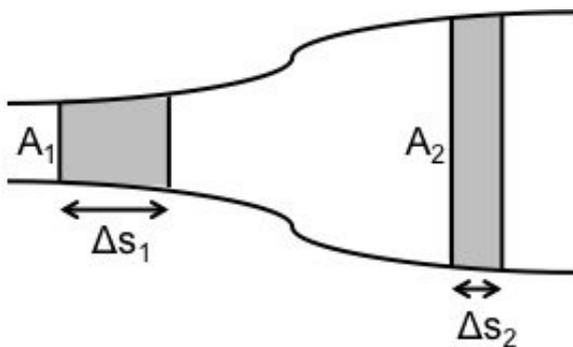
Abstand zw. Steinen [cm]	$v$ [m/s]
keine Steine	6,5
10	7
8	7,2
6	7,3
4	7,6
2	7,9

Messwerttabelle zum Kontinuitätsversuch

Wie in der Tabelle deutlich zu sehen ist, nimmt die Geschwindigkeit  $v$  mit der Verringerung des Abstandes zwischen den zwei Quadern zu. Dieser Effekt kann anhand des folgenden Beispiels erklärt werden:

Am Eingang eines Windkanals ist die Querschnittsfläche  $A_2$  größer als die Querschnittsfläche  $A_1$  am Ausgang des Windkanals (s. Windkanalschema). Das ein- und ausströmende Luftvolumen des Windkanals bleibt gleich, denn Luft kann sich nicht stauen. Also muss das gleiche Luftvolumen in der gleichen Zeit durch den Windkanal hindurch. Dies ist nur möglich, wenn die Geschwindigkeit  $v_1$  am Ausgang des Windkanals größer ist als die Geschwindigkeit  $v_2$  am Eingang des Windkanals.

### Herleitung der Kontinuitätsgleichung



Windkanal als Anwendungsbeispiel der Kontinuitätsgleichung

Wir nehmen an, dass keine Reibung herrscht und die Luft inkompressibel ist.

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{\Delta t} &= \frac{V_2}{\Delta t} \\ \frac{A_1 \cdot s_1}{\Delta t} &= \frac{A_2 \cdot s_2}{\Delta t} \\ A_1 \cdot \frac{\Delta s_1}{\Delta t} &= A_2 \cdot \frac{\Delta s_2}{\Delta t} \\ A_1 \cdot v_1 &= A_2 \cdot v_2 \end{aligned}$$

Diese Gleichung nennt man Kontinuitätsgleichung.

$V$ : Volumen,  $t$ : Zeit,  $A$ : Flächeninhalt,  $s$ : Strecke und  $v$ : Geschwindigkeit

### Bernoulli-Gleichung

Wenn du zwischen zwei Papieren pustest, was wird passieren? So einfach der Versuch auch klingt, so viel spannender wird dazu die Theorie, denn dieser Versuch beschreibt ein schönes Paradoxon.

Die meisten werden sich wohl denken, dass beide Papiere nach außen gedrückt werden. Jedoch ist das Gegenteil der Fall: Beide Papierblätter werden nach innen gedrückt.



Experiment zum Bernoulli-Effekt

Mit solchen kleinen und scheinbar simplen Versuchen haben wir uns am Eröffnungswochenende beschäftigt. Und alle Versuche hatten eines gemeinsam: den Bernoulli-Effekt.

Um diesen Versuch erklären zu können, müssen wir die Bernoulli-Gleichung verstehen.

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho_1 \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 \cdot v_2^2$$

Dabei ist  $p$  der Druck,  $\rho$  (rho) die Dichte des Mediums und  $v$  die Geschwindigkeit der Strömung.

Der Term auf der linken Seite der Bernoulli-Gleichung beschreibt die Situation innerhalb der zwei Papiere, der auf der rechten Seite die Situation außerhalb der Papiere.

Wenn man durch die Papiere pustet, ist die Geschwindigkeit innerhalb wesentlich größer als außerhalb. Was die Dichte in der Bernoulli-Gleichung angeht, braucht sie uns in diesem Versuch nicht wirklich zu kümmern, da die Dichte bei dem Versuch zur Vereinfachung als konstant angenommen wird. In der Gleichung hat die linke Seite aufgrund der Geschwindigkeitsdifferenz einen größeren Wert als die rechte. Damit beide Seiten der Gleichung den gleichen Wert habe, muss der Druck auf der Seite mit der größeren Geschwindigkeit kleiner sein. Das heißt, dass eine größere Strömungsgeschwindigkeit einen Unterdruck erzeugt und die niedrigere Geschwindigkeit einen Überdruck.

Übertragen auf unseren Papier-Versuch bedeutet dies, dass die hohe Strömungsgeschwindigkeit einen Druckabfall erzeugte und eine Kraft die beiden Papiere nach innen drückte.

### Herleitung der Bernoulli-Gleichung

Die Bernoulli-Gleichung haben wir am Beispiel des Windkanals hergeleitet. Um die Herleitung zu verstehen, besprachen wir zuerst den Energiebegriff, wobei uns dann klar wurde, dass es nicht *die* Gleichung gibt, die den Energiebegriff beschreibt, sondern viele, wie z. B. die zur Lageenergie oder zur kinetischen Energie, welche die Energie zum Bewegen eines Objektes beschreibt.

Die Energieformen, die uns beim Herleiten der Bernoulli-Gleichung interessierten, waren die Bewegungsenergie, die definiert wird durch den Zusammenhang der Masse  $m$  und der Geschwindigkeit  $v$ :

$$E_{kin} = \frac{1}{2}m \cdot v^2$$

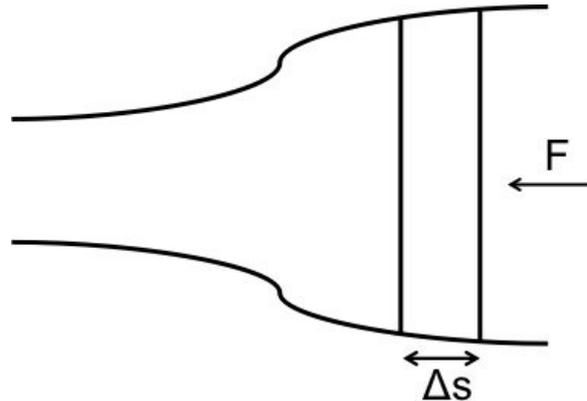
und die Druckenergie:

$$E_{Druck} = F \cdot \Delta s$$

Dabei ist  $F$  die Kraft und  $\Delta s$  die Strecke zwischen  $s_1$  und  $s_2$ , die die Luftmasse zwischen den beiden Punkten aufgrund der Druckenergie verschiebt.

Kraft  $F$  kann man allerdings auch durch  $p \cdot A$  ersetzen, sodass gilt:

$$E_{Druck} = p \cdot A \cdot \Delta s$$



Windkanal, bei dem die Kraft  $F$  aufgewendet werden muss, um eine Luftmasse um eine Strecke  $\Delta s$  zu bewegen.

$A$  und  $\Delta s$  zusammengefasst ist das Volumen  $V$ . Damit lautet die endgültige Formel für die Druckenergie:

$$E_{Druck} = p \cdot \Delta V$$

Nun kommt der Energieerhaltungssatz ins Spiel, der besagt, dass die Energie, die auch vorne im Windkanal war auch hinten im Windkanal, erhalten bleibt. Formal bedeutet dies:

$$E_{ges1} = E_{ges2}$$

Beide Gesamtenergien setzen sich zusammen durch:

$$E_{kin1} + E_{Druck1} = E_{kin2} + E_{Druck2}$$

Wenn man die Energieformen durch die zugehörige Formeln ersetzt, erhält man

$$\frac{1}{2}m_1 \cdot v_1^2 + p_1 \cdot \Delta V_1 = \frac{1}{2}m_2 \cdot v_2^2 + p_2 \cdot \Delta V_2$$

Masse ist auch  $m = V \cdot \rho$ , sodass sich bei der obigen Formel mithilfe Äquivalenzumformung das Volumen  $V$  herauskürzt, da die gleiche Luftmasse, die in den Windkanal einströmt, auch wieder herausströmt. Die endgültige Gleichung lautet nun:

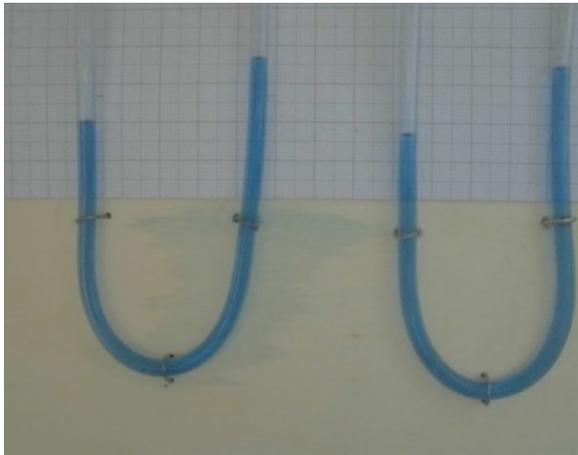
$$\frac{1}{2}\rho_1 \cdot v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2}\rho_2 \cdot v_2^2 + p_2$$

### Druckmessung

JONAS BECKORT, ALEXANDER NEUSS,  
DANIEL SCHILLER

Um die Druckunterschiede, welche man durch die Bernoulli Gleichung rechnerisch bestimmen

konnte, sichtbar zu machen, haben wir Druckmesser gebaut. Eine Inspiration hat uns dazu das Karlsruher Institut für Technologie geliefert. Der Aufbau war nicht sehr kompliziert: An eine Holzplatte haben wir dünne, durchsichtige Schläuche in einer U-Form befestigt.



Unser selbstgebauter Druckmesser

Das eine Ende war länger und wurde zum Messen verwendet. Das andere Ende diente zum Vergleich mit dem Normaldruck. An dem längeren Ende haben wir noch ein dünnes Messingrohr angebracht, weil man damit den Druckunterschied besser sichtbar machen konnte. In den nun gewölbten Schlauch haben wir blaugefärbtes Isopropanol gefüllt, um den Ausschlag besser erkennen zu können. Auf die Holzplatte hatten wir Millimeterpapier geklebt, damit unsere Messungen gut ablesbar sind.

Der Druckmesser funktioniert nun so: das lange Schlauchende wird in den Windkanalversuch eingeführt, sodass ein Über- bzw. Unterdruck auf das Isopropanol wirkt. An dem anderen kürzeren Schlauchende herrscht Normaldruck, sodass der Druckunterschied sichtbar wird. Ein Problem war der dicke Schlauchdurchmesser, was den Ausschlag des Isopropanols hemmte, trotzdem gelang es uns den Druckunterschied zu visualisieren.

## Wasserkanal

MARWIN LEIDEL, JULIUS HERB,  
NOAH FUCHS, NIKLAS ZISCHKA

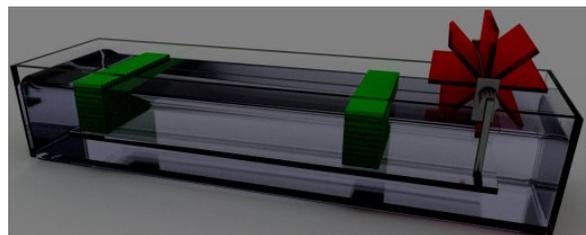
Im Wasserkanal kann man Strömungen besser als im Windkanal sichtbar machen. Prakti-

scherweise war noch der Wasserkanal von der letzten Akademie da, so dass wir nur noch kleine Verbesserungen durchführen mussten. Wir dichteten die Kanten ab und konstruierten eine neue Befestigung für das Wasserrad. Danach sah der Wasserkanal wie auf dem Bild aus.



Projektarbeit mit dem Wasserkanal

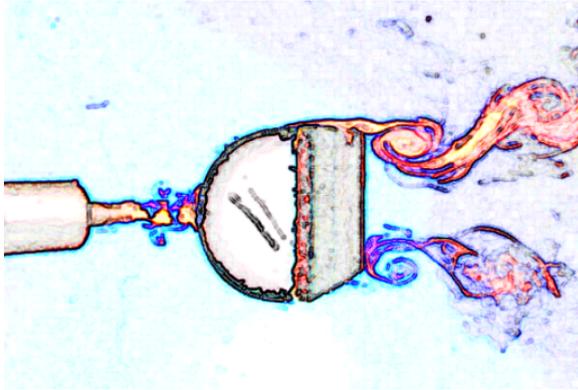
Wir nutzten eine einfache Konstruktion. Die Strömung wurde durch ein Wasserrad erzeugt, das von einer Handkurbel angetrieben wurde (rot im Schaubild). Der Wasserkanal hatte einen seitlich offenen, doppelten Boden damit das Wasser zurück strömen konnte. Wir bauten zwei Gleichrichter ein (grün), um eine laminaire Strömung zu erhalten. Diese ist besser für Experimente geeignet, weil man so reproduzierbare Ergebnisse schaffen kann.



Schematischer Aufbau des Wasserkanals

Nachdem wir alles instand gesetzt hatten, konnten wir mit den Messreihen beginnen. Mit Modellen aus Lego simulierten wir Häuser, die allerdings zuerst von der Strömung abgetrieben wurden. Indem wir sie mit Blei beschwerten, konnte dies verhindert werden. Um die Strömung sichtbar zu machen, gaben wir mithilfe von Spritzen verdünnte Tinte ins Wasser und konnten Strömungsbilder aufnehmen.

Das obige Bild wurde am Computer nachbearbeitet, um die Tinte besser vom Hintergrund



Strömung um einen Halbzylinder.

unterscheiden zu können. Es zeigt ein Strömungsbild, bei dem sich direkt vor dem Objekt die Strömung teilt. Dann strömt die Flüssigkeit an den Seiten des Objekts vorbei. An den beiden hinteren Kanten kann man eine Ablösung der Strömung erkennen, die zwei Wirbel erzeugt. Beide Wirbel drehen sich in die Mitte. Dabei entsteht eine Rückströmung, also eine Strömung entgegengesetzt des Hauptstromes, welche das sogenannte Totwasser erzeugt. In diesem Gebiet ist die Strömung sehr schwach.

## Gebäudeaerodynamik

MAI SAITO, ANNABELLE SCHODER,  
DANIEL WEGGENMANN

Unsere Gruppe hat sich mit Stadtmodellen im Windkanal beschäftigt. Die Idee war es, Strömungen an Gebäuden sichtbar zu machen und zu vergleichen, sowie den Windkomfort zu testen.

### Stadtbau

Unser Stadtmodell besteht aus einer Holzfläche, auf welcher verschiedene Gegenstände platziert werden konnten, die die Gebäude einer Stadt simulieren. Diese Gebäude bauten wir aus Legosteinen, da diese den Vorteil hatten, dass man leicht die Höhe der Gebäude variieren konnte.

Die Luftströmungen wurden mit Grieß sichtbar gemacht, wozu wir diesen dünn um die Gebäude gestreut haben. Um den Grieß am Davonfliegen zu hindern, bauten wir eine Legosteinmauer um unser Stadtmodell. Den Wind

erzeugten wir durch einen Ventilator oder einen Windkanal.

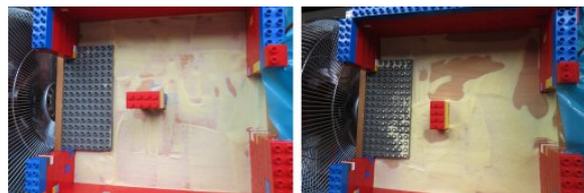


Links: Die Stadtmauer wird gebaut

Rechts: Das fertige Stadtmodell

### Unterschiedliche Ausrichtung von Gebäuden

Das folgende, linke Bild zeigt ein Gebäude, welches parallel zur Strömung steht. Rechts hingegen sieht man ein Gebäude, auf welches die Strömung senkrecht trifft.



Beim Vergleich der zwei Bilder ist deutlich zu erkennen, dass rechts viel mehr Grieß abgetragen wurde. Dies liegt daran, dass parallel zur Strömung stehende Gebäude leichter von der Luft umströmt werden können. Diese Tatsache führte zu weniger Turbulenzen als bei Gebäuden, die senkrecht zur Strömung stehen und somit eine größere Angriffsfläche haben. Bei diesen Gebäuden ist der Kanten effekt größer, das bedeutet, dass es an den Gebäudekanten zu Turbulenzen kommt. Außerdem kommt es zu einem Strömungsabriss, wodurch viel Grieß abgetragen wird.

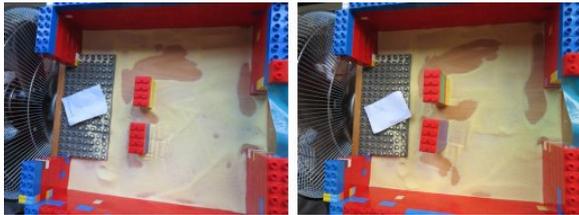
Zusammenfassend kann man sagen: Je größer die Angriffsfläche eines Gebäudes, desto mehr ist es Strömungen ausgesetzt und der Kanten effekt steigt.

### Variation der Gebäudehöhe

Wir überprüften aber nicht nur, ob verschiedene Ausrichtungen von Gebäuden Auswirkungen auf die Strömung haben, sondern beschäftigten

uns auch mit der Frage, ob unterschiedliche Gebäudehöhen die Strömungsgeschwindigkeiten um die Gebäude herum beeinflussen.

Dazu stellten wir eine Versuchsreihe auf, in der wir, wie bei der Ausrichtung von Gebäuden, eine unterschiedliche Anzahl von Lego-Blöcken mit und gegen die Strömungen stellten. Anschließend verdoppelten wir bei jedem Versuch die Höhe (siehe Bild). Den Wind simulierten wir im Zeitraum von 40 Sekunden.



Rechts: Einfache Höhe, links: Doppelte Höhe, bei welcher der Kanteneffekt viel deutlicher ist.

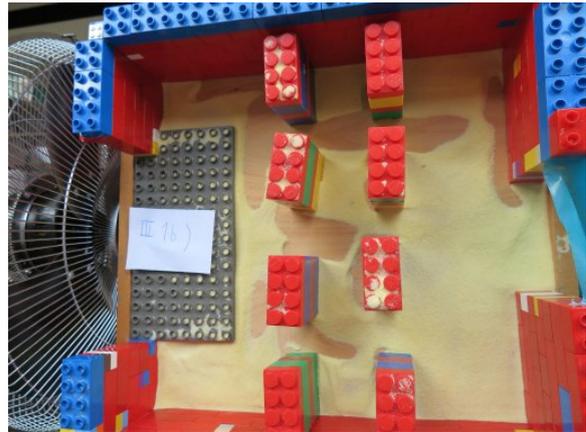
Dann verglichen wir die passenden Versuchspaare und erzielten ein Ergebnis, das unsere Vermutungen bestätigte: Bei der doppelten Höhe ist die Gießabtragung viel größer und die Strömungsgeschwindigkeiten sind vor allem zwischen den Gebäuden viel höher als bei der einfachen Höhe.

Übertragen auf die Realität bedeutet dies, dass höhere Gebäude, wie z. B. Wolkenkratzer, eher davon betroffen sind als niedere Einfamilienhäuser.

### Verschiedene Stadtstrukturen

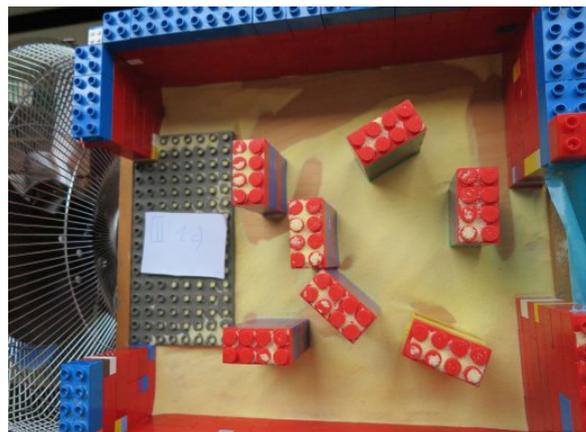
„Mama, hier zieht’s voll! Können wir nicht in ein anderes Café gehen?“ – Mit dieser Frage hatten wir unter anderem beim Stadtmodell auch zu tun: An welchen Stellen in einer Stadt/einem Stadtteil gibt es hohen Windkomfort? Wo ist ein geeigneter Platz für ein Café, wo ein ungeeigneter? Wirken sich die Stadtstrukturen auf die Strömungsverläufe aus?

Um das zu untersuchen, ordneten wir die Häuser zunächst, ähnlich wie in New York, in Reihen an. Wie man in der Abbildung sieht, ist die Abtragung in den Straßen, die mit der Strömung verlaufen, immens. Dort herrscht eine hohe Windgeschwindigkeit und ein großer Durchzug, wohingegen es in den Nebenstraßen windstill ist.



Reihen-Stadtmodell, bei dem der Gieß in den Gassen abgetragen wurde. Der Wind kam von links.

In einem zweiten Szenario ordneten wir die Häuser auch frei nach unserer Fantasie an und kamen so auf eine weitere Stadtstruktur, wie man in dem Bild sehen kann.

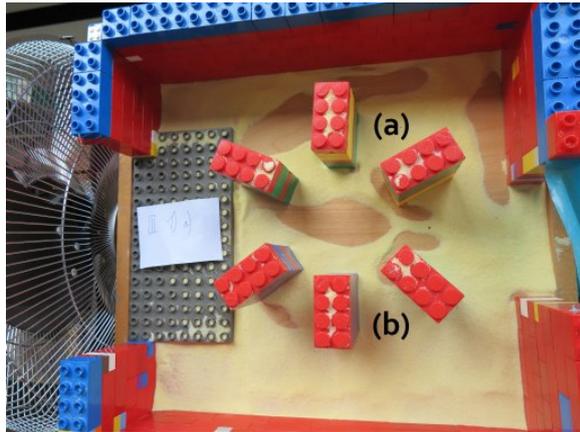


Stadtmodell der freien Art, in dem bestimmte Bereiche einen hohen Windkomfort aufweisen.

Man sieht deutlich, dass eine große Abtragung außerhalb des „Rings“ stattfand, es jedoch in der Mitte auf dem Platz keine Abtragung gab und es somit fast windstill ist. Dieser Platz würde sich beispielsweise aufgrund des hohen Windkomforts prima für den Standpunkt eines Cafés anbieten. Erklären lässt sich das dadurch, dass der Wind außen herum geleitet wurde.

Die dritte Anordnung der Gebäude sollte strahlenförmig sein. Hierfür ordneten wir die Lego-Steine so an, dass sie in der Mitte an einem Platz zusammenlaufen.

Dort, wo die Lego-Steine zusammenlaufen, ist die Abtragung groß. Hier wäre ein ungeeigneter



Strahlen-Stadtmodell, bei dem ein Durchzug und der Kanteneffekt zu sehen sind.

ter Platz zum gemütlichen Hinsetzen, da die Passanten unangenehme Luftströmungen zu spüren bekommen würden. Geeigneter wären in diesem Fall die zwei Plätze (a) und (b), bei denen die Lego-Blöcke vom unteren und oberen Rand der Abbildung senkrecht in die Mitte, in Richtung „Platz“, verlaufen.

### Vergleich von Gebäuden im Wind- und Wasserkanal

NOAH FUCHS, JULIUS HERB,  
MAI SAITO, NIKLAS ZISCHKA



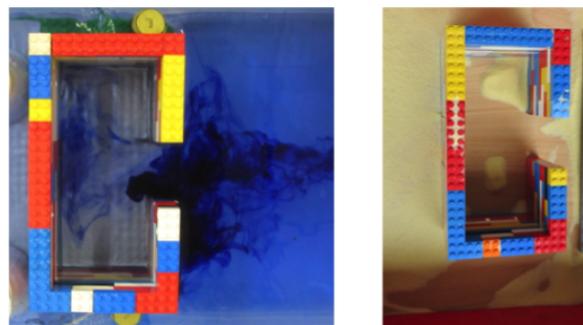
Modellhaus, das für die Versuche im Wind und Wasserkanal verwendet wurde.

Eines unserer Hauptziele war, Strömungen in Luft sowie im Wasser zu untersuchen. Die Wind- und Wassergruppe arbeiteten aber nicht völlig getrennt voneinander, sondern sie versuchten auch, Analogien zwischen den zwei Medien zu finden. Uns war in der Vorstellung

bewusst, dass sich Wind und Wasser in Strömungen ähnlich verhalten, sodass wir kurzerhand beschlossen, dies an einer Versuchsreihe experimentell festzustellen.

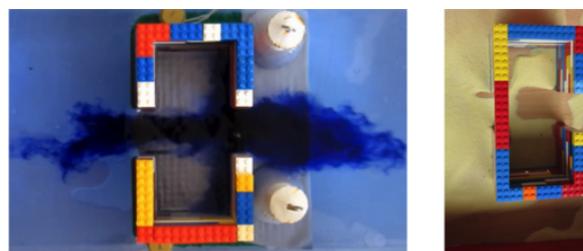
Dazu bauten wir ein Gebäude aus Lego, welches aus einer Vordertür, einer Hintertür und einem seitlichen Fenster bestand. Dieses Gebäude wurde unter verschiedenen Bedingungen in den Wind- und Wasserkanal gestellt, sodass wir beides vergleichen konnten.

Bei einem unserer Versuche war die Vordertür geöffnet, die Hintertür und das Fenster waren geschlossen.



Versuchsaufbau: Vordertür offen, Hintertür und Fenster zu

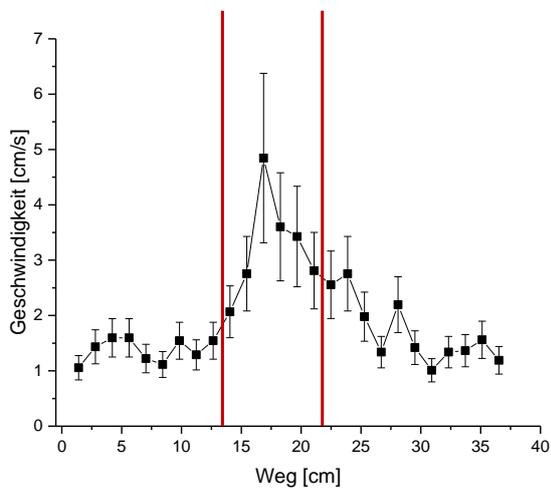
Im Wasserkanal gab es im gesamten Hausbereich Turbulenzen und sogenannte „Totwassergebiete“, bei dem die Strömung entgegengesetzt der eigentlichen Strömungsrichtung floss. Im Windkanal bildeten sich ebenfalls Turbulenzen und es waren Totwassergebiete zu sehen, bei denen sich auch noch zwei kleinere Hügel bildeten, um welche die Strömung zirkulierte.



Versuchsaufbau: Vorder- und Hintertür offen, Fenster zu

Im zweiten Versuchsaufbau waren Vorder- und Hintertür geöffnet, aber das Fenster geschlossen. Dabei gab es in beiden Medien einen Durchzug, jedoch bildeten sich vereinzelt Turbulenzen an der Hintertür.

Auf unserem Videomaterial haben wir erkannt, dass die Strömung während des Passierens des Hauses eine deutlich höhere Geschwindigkeit hatte als sonst. Daher haben wir uns für eine Geschwindigkeitsanalyse unseres Videomaterials entschieden. Wir konnten dies umsetzen, indem wir die Position eines Referenzpunktes zu einer jeweiligen Zeit erfassten. Danach setzten wir die reale Maße mit den virtuellen Maßen des Hauses gleich und konnten somit aus den Messpunkten die Geschwindigkeit an verschiedenen Messpunkten berechnen. Daraus haben wir dann unser Geschwindigkeit-Weg-Diagramm erstellt.



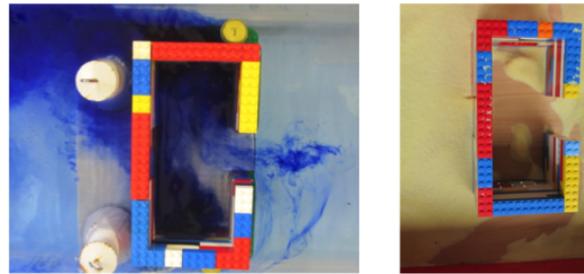
v-s-Diagramm der Strömung durch das Haus. Die roten Linien markieren den Ein- und Austritt.

Da allerdings der Referenzpunkt nicht immer klar erkennbar war und wir nur 25 Einzelbilder pro Sekunde aufnahmen, sind unsere Messergebnisse nicht völlig exakt. Daher haben wir die relative Messabweichung berechnet und unserem Diagramm hinzugefügt.

Im Diagramm kann man erkennen, dass die Strömung innerhalb des Hauses stark beschleunigt wird, aber vor dem Austreten wieder ihre Ausgangsgeschwindigkeit erreicht, so wie es durch die Kontinuitätsgleichung beschrieben wird.

Als drittes haben wir die Vordertür und das seitliche Fenster geöffnet, die Hintertür aber geschlossen. Es war festzustellen, dass Wasser und Wind durch die Vordertür hinein und durch das Fenster hinaus strömten. Allerdings bildeten sich vor dem Fenster kleinere Gießhü-

gel, da das Fenster zu hoch lag und der Gieß dadurch nicht herausströmen konnte.



Versuchsaufbau: Vordertür und Fenster offen, Hintertür zu

Bei diesen Experimenten haben wir festgestellt, dass sich Strömungen in Luft und Wasser sehr ähnlich verhalten.

## Warum werden Dächer bei Sturm abgedeckt?

NOAH FUCHS, NIKLAS ZISCHKA

Oft sieht man nach schweren Stürmen Dächer, bei denen die Dachziegel fehlen. Dazu haben wir uns gefragt, warum diese abgedeckt und wo sie am häufigsten abgelöst werden. Dabei haben uns auch die dort wirkenden Kräfte interessiert. Dieses Phänomen wollten wir zudem auch bei unterschiedlichen Dachneigungen erforschen.

Bei unserer Exkursion ans KIT wurde uns auch ein Experiment zum Verhalten von Dachziegel an einem Modellhaus bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten vorgeführt. Um diesen Effekt näher zu erforschen und um unsere Fragen zu beantworten, haben wir uns auch eigene Versuchsreihen ausgedacht. Dazu bauten wir ein Hausmodell, bei dem wir auch die Dachneigung verändern konnten. Um mit dem Modellhaus auch Experimente im Wasserkanal durchführen zu können, wurde das Haus mit wasserfestem Lack imprägniert.

Zu Beginn wollten wir die Kraft, die auf das Dach wirkt, mit einem Federkraftmesser ermitteln. Dabei gab es verschiedene Probleme, zum Beispiel war die Kraft anfangs zu gering, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Als wir dann einen genaueren Federkraftmesser verwendeten, waren aber die Schwankungen der



Dachziegel werden vom Modellhaus heruntergeweht

Dachplatte so stark, dass wir die Kraft nicht exakt bestimmen konnten. Dadurch konnten wir kein verwertbares Ergebnis ermitteln.

Um die Fragestellung beantworten zu können, welche Dachbereiche besonders stark angegriffen werden, sägten wir für unser Hausmodell einzelne kleine Dachziegel, die wir dann in die Dachfläche lose einpassten. Um unsere Experimente besser auswerten zu können, nummerierten wir die einzelnen Dachziegel systematisch durch. Nun haben wir den Versuch bei Dachneigungen von 0°, 22.5°, 30° und 45° mehrmals durchgeführt und in einer Tabelle ausgewertet.

Bei einer 45° Dachneigung werden hauptsächlich die unteren Dachplatten abgedeckt. Die oberen Dachziegel werden dagegen weniger oft vom Dach gerissen.

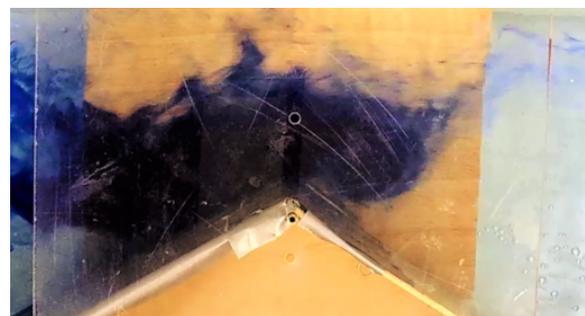
Bei einer geringeren Dachneigung von 30° werden eher die Dachziegel im mittleren Bereich des Daches abgedeckt.

Bei einem flachen Dach (22.5°) werden die Dachplatten im oberen Bereich gelöst. Bei einem Flachdach (0°) werden alle Dachziegel auf einmal vom Dach gerissen. Das kommt daher, dass die Luft unter alle anderen Dachziegel strömen kann und diese dann abheben, sobald sich ein einziger Ziegel gelöst hat.

0%	17%	0%	17%
0%	33%	33%	50%
0%	50%	100%	83%
17%	17%	50%	83%

14%	0%	14%	14%	43%	71%	71%	0%
57%	71%	86%	43%	43%	86%	100%	0%
43%	57%	43%	43%	43%	29%	71%	14%
0%	14%	0%	0%	14%	14%	14%	43%

Häufigkeit des Abdeckens der Dachplatten bei 45° (oben), bei 30° (unten links) und 22.5° (unten rechts) Dachneigung



Wirbel an der Dachkante werden im Wasserkanal sichtbar gemacht

Bei den Experimenten im Wasserkanal konnte man sehr gut die Ablösung von Wirbeln an der Dachkante sehen. Durch diese Wirbel können Dachziegel abgelöst werden.

Aus unseren Ergebnissen konnten wir folgendes Fazit schließen:

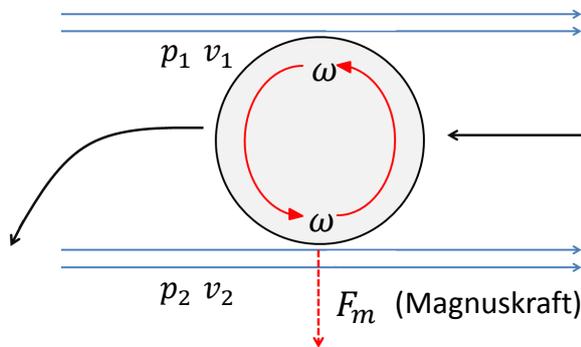
Je flacher das Dach, desto stärker wird das Dach im oberen Bereich angegriffen. Dadurch sind Ziegel bei einem sehr flachen Dach mit besonders hohen Windgeschwindigkeiten enorm gefährdet. Das liegt auch daran, dass bei einem

flachen Dach, die Luft leichter unter die Ziegel strömen und diese anheben kann.

## Magnus-Effekt

JONAS BECKORT, ALEXANDER NEUSS,  
DANIEL SCHILLER

Vom Fußball inspiriert, haben wir folgenden Effekt näher betrachtet: Wenn man den Fußball mit einem Drall schießt, hat der Ball keine gerade, sondern eine gekrümmte Flugbahn. Um diesen Effekt verstehen zu können, haben wir uns dazu anfangs mit der Theorie befasst: Da sich der Ball bewegt, erfährt er Gegenwind.



Skizze zur geometrischen Bestimmung der Magnuskraft

Durch die Ballrotation wird auf einer Seite des Balls die Windgeschwindigkeit beschleunigt, auf der anderen Seite verlangsamt. Wegen des Bernoulli-Effektes entsteht ein Druckunterschied zwischen den beiden Seiten des Balls, da die Windgeschwindigkeit wegen der Ballrotation abnimmt. Aus diesem Druckunterschied entsteht die Magnuskraft, welche den Ball ablenkt.

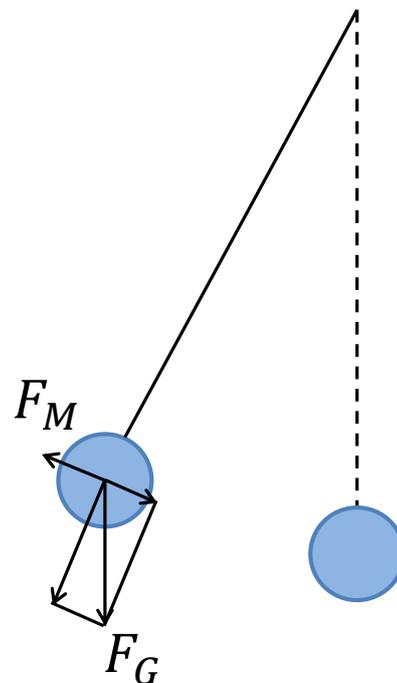
Unser nächster Schritt war es nun, dies experimentell zu veranschaulichen. Dazu haben wir an eine Bohrmaschine eine Schnur mit einem Golfball befestigt, damit wir den Ball in Rotation versetzen können. Die Bohrmaschine haben wir vor die Turbine befestigt und daraufhin beide Geräte eingeschaltet. Dabei konnten wir eine Ablenkung des Balles feststellen.

Zusätzlich haben wir durch die Ablenkung geometrisch berechnet, wie stark die Magnuskraft bei unserem Experiment gewesen ist: Dazu haben wir uns ein Kräfteparallelogramm erstellt,



Versuchsaufbau zur Messung der Magnuskraft

wodurch wir die Rückstellkraft durch den Sinus bestimmen konnten. Da der Ball ausgelenkt blieb, mussten die Magnuskraft und die Rückstellkraft gleich groß sein. Bei unserem Experiment haben wir eine Kraft von 0,4 N errechnet. Mit diesem Experiment und unseren theoretischen Erkenntnissen konnten wir uns das Prinzip der Bananenflanke beim Fußball erklären.



Skizze zur geometrischen Bestimmung der Magnuskraft

## Sandrippel

CLARA DEIFEL, CLARA KRETZSCHMAR

Wenn sich das Meer bei Ebbe zurückzieht, hinterlässt es weite Flächen Sand, übersät von vielen kleinen Sandhügeln, sogenannten Sandrippeln: gerade Linien, manchmal verzweigt, mal breit und flach, ein anderes Mal sehr eng aneinander. Wir waren beide vor der Akademie im Urlaub am Meer, dabei haben wir uns gefragt, wie diese Sandrippel entstehen und warum sie so unterschiedlich aussehen.



„Echte“ Sandrippel am Meer

Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, haben wir ein Aquarium mit Sand und Wasser befüllt, auf Rollen gestellt und in regelmäßig hin- und hergeschoben. Schienen aus Holz sorgten dafür, dass das Aquarium nicht zur Seite rutschte.



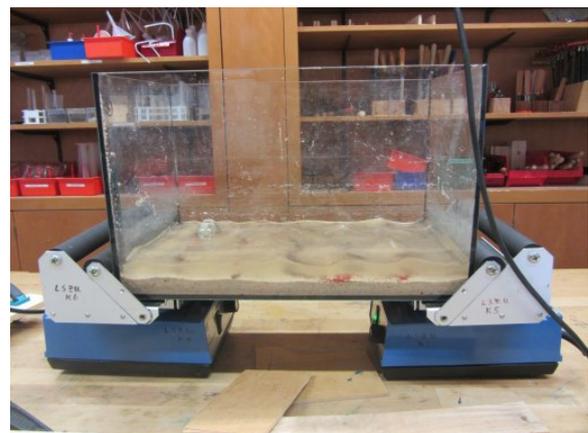
Unser Versuchsaufbau

Am Anfang lief bei unseren Versuchen nicht alles glatt. Wir hatten mit einigen Problemen zu

kämpfen. Es wurde Sand vom Beachvolleyballplatz verwendet, der sehr dreckig war. Deshalb mussten wir ihn mehr als zehnmal waschen, bis er so sauber war, dass man durch das Wasser hindurchschauen konnte.

Um den Einfluss der Korngrößen zu untersuchen, wurde der Sand gesiebt. Jedoch stellten wir fest, dass bei Versuchen mit gleichen Korngrößen keine Sandrippel entstanden. Weil es in der Natur verschiedene Sandkörner gibt, benutzten wir schließlich unterschiedliche Korngrößen.

Im Sand waren Tartanreste, die mit der Strömung geschwommen sind und die Strömung teilweise sichtbar machte. Um auch Wirbel sehen zu können, haben wir Pfeffer in das Wasser gestreut. Die Ergebnisse der Versuche waren schwer vergleichbar und nicht reproduzierbar, weil wir das Aquarium nicht gleichmäßig bewegen konnten. Außerdem war es sehr aufwändig, immer von Hand Wellen zu erzeugen.



Bei den Versuchen mit dem Rüttelgerät gab es zu viele andere Effekte.

Deshalb haben wir nach einigen Tagen das Aquarium auf ein Rüttelgerät gestellt, um damit Wellen zu erzeugen. Es sind so zwar Sandrippel entstanden, aber nicht durch die Strömung, sondern durch die stehenden Wellen, die durch die Vibration des Rüttelgeräts entstanden sind. Letztlich haben wir das Aquarium wie am Anfang wieder von Hand bewegt.

Die Frage, unter welchen Bedingungen Sandrippel entstehen, ist nicht einfach zu beantworten. Bei allen Experimenten hat sich an jedem Rand ein kleiner Hügel gebildet, der darauf zurückzuführen ist, dass die Wasserwelle am Rand



Die ersten, selbsterzeugten Sandrippel

reflektiert wurde. Bei manchen Experimenten haben sich dann vom Rand aus andere, „echte“ Sandrippel gebildet. Daraus kann man schließen, dass man eine kleine Unebenheit braucht, damit Sandrippel entstehen.

Ein wichtiger Faktor bei der Entstehung ist die Geschwindigkeit des Wassers. Die Geschwindigkeit muss so hoch sein, dass sich der Sand leicht bewegt. Wenn sie aber zu hoch ist, entstehen breite, flache Sandrippel. Bei noch höherer Geschwindigkeit sieht man gar keine mehr oder bestehende Sandrippel verwischen wieder. Auch die Wasserhöhe ist ein Faktor, den wir untersuchen wollten. Bei einer Wasserhöhe von 1,5 cm war die Oberflächenströmung ein zu großer Störfaktor. Zwischen einer Wasserhöhe von 4 bis 7 cm bemerkten wir keinen Unterschied.



Auswirkungen eines Steins auf die Sandrippel

Da wir vermuteten, dass die Sandrippel durch Unebenheiten entstehen, haben wir in der Mitte des Aquariums einen größeren Sandhügel angehäuft. Allerdings wurde dieser mit der Strömung schnell wieder flach. Deshalb haben wir das Experiment mit einem Stein als Hindernis wiederholt, der nicht von der Strömung ange-

griffen wird. Dabei sind dicht um den Stein herum keine Sandrippel entstanden. Der Stein hat aber die Form der Sandrippel, die sich vom Rand her gebildet haben, beeinflusst.



Versuche mit einem Ufer, bei dem der Wirbel die Furche weiter aushöhlt

Unser letztes Experiment bestand darin, im Aquarium ein Ufer zu simulieren. Dafür haben wir auf der einen Seite mehr Sand aufgeschichtet als auf der anderen Seite. In unserem Experiment war das Ufer so steil, wie es am Strand wahrscheinlich selten vorkommt, aber es hat das Prinzip verdeutlicht. Zu beobachten war, dass sich viel schneller und auch schon bei viel niedrigeren Geschwindigkeiten Sandrippel bilden, weil sich der Sand durch die Steigung schneller bewegt.

Der erste Sandrippel entsteht durch eine Unebenheit im Sand oder durch ein kleines Hindernis. An diesem Sandrippel entstehen Wirbel, durch die die Sandrippel größer wird. Die Wirbel werden von der Strömung weitergetragen und lassen neben dem Sandrippel weitere entstehen. Ist im Wasser ein Hindernis, zum Beispiel ein Stein, beeinflusst das die Wirbel und lässt die Sandrippel anders formen.



Vergrößerte Ansicht eines Sandwirbels

Sandrippel sind ein höchst kompliziertes Phänomen, und obwohl noch viele Fragen offen

bleiben, haben wir durch unsere Versuche einige Erkenntnisse zur Entstehung von Sandrippeln gewonnen.

Tröstlich ist außerdem, dass selbst gestandene Wissenschaftler ihre Entstehung (noch) nicht genau erklären können.<sup>1</sup>

re Schülermentorin, ohne die das alles nicht möglich gewesen wäre!

Bleibt nur noch das alles erklärende Schlusswort:

Phy – Sieg!!! (Flow)

## Zwei Wochen Phy-Sieg . . .

CLARA DEIFEL

Zwölf Teilnehmer, eine Schülermentorin, drei Kursleiter: das war unser Kurs – zu Beginn der Akademie. Am Ende war es viel mehr: eine Gemeinschaft, zu der jeder seinen Teil beitrug und in der jeder seinen Platz fand.

Dazwischen lagen gemeinsame Experimente, unsere Exkursion ans KIT, die Suche nach einem Schlachtruf für das Sportfest, das Sportfest selbst, die Rotation, Erklärungen und Diskussionen, viele Gummibärchen und nicht zuletzt viel Engagement und Geduld – zwei Wochen, in denen wir wahnsinnig viel über Physik lernten, die uns aber auch in ganz anderen Bereichen weitergebrachten:

Eigene Experimente **P** lanen und umsetzen  
 Nicht **H** t aufgeben  
 Formeln **S** Y nd nicht gefährlich  
 Fragen **S** tellen  
 Einblick **I** n echte Forschung  
 Zusammen **K** en

Da unser Kurs keinen festgelegten Ablauf hatte, konnten wir alle unsere Ideen einbringen. Deshalb kam es aber auch zu Problemen, mit denen vorher niemand gerechnet hatte, durch die wir uns aber Dank unermüdlicher Motivation unserer Kursleiter durchbissen. Umso schöner ist es jetzt, dass wir Antworten auf unsere eigenen Fragestellungen gefunden, dabei viele Freundschaften geschlossen – und nicht zu vergessen: viel Spaß gehabt haben! Wir hätten auch gerne noch länger an unseren Projekten geforscht . . .

Deswegen an dieser Stelle ein ganz großes Dankeschön an unsere Kursleiter und unse-

<sup>1</sup>Helga Rietz, Max-Planck-Gesellschaft „Wer kämmt den Sand? – Über die Entstehung von Sandrippeln“



## Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 13. JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die H. W. & J. Hector Stiftung, durch die Stiftung Bildung und Jugend sowie den Förderverein der Science-Academy 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 Leiter der Abteilung 7 des Regierungspräsidiums Karlsruhe, Herrn Vittorio Lazaridis, der Referatsleiterin Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Herrn Dr. Hölz vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport 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. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Jörg Richter, der auch in diesem Jahr für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

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 Vertrauen ganz herzlich bedanken.