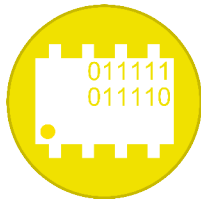
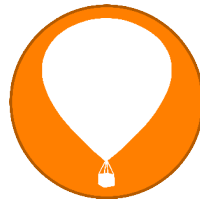


JuniorAkademie Adelsheim

12. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2014



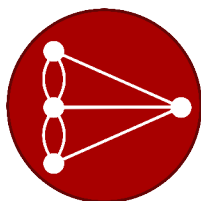
Digitaltechnik



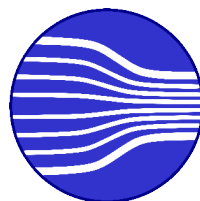
Geophysik



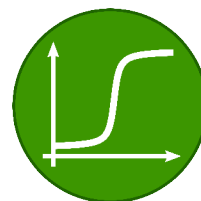
Geschichte/Germanistik



Mathematik



Physik



TheoPrax

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2014**

**12. Science Academy
Baden-Württemberg**

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2014:

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

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 12. JuniorAkademie Adelsheim 2014 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Druck und Bindung: RTB Reprinttechnik Bensheim
Copyright © 2014 Georg Wilke, Petra Zachmann

Vorwort

Die Science-Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 12. Mal am Landesschulzentrum für Umwelterziehung auf dem Eckenberg in Adelsheim statt. Gemeinsam mit einem fast 30-köpfigen Leiterteam verbrachten hier rund 70 Schülerinnen und Schüler aus ganz Baden-Württemberg die zweiwöchige Sommerakademie, das Eröffnungswochenende und das Dokumentationswochenende.

Am Eröffnungswochenende stehen sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gegenüber, ohne sich jemals zuvor begegnet zu sein. Am Dokumentationswochenende hat sich jeder von ihnen nicht nur in die wissenschaftlichen Inhalte seines Kurses vertieft, sondern sich auch persönlich weiterentwickelt.



Während der gemeinsamen Zeit wurde aus diesen einzelnen Personen eine große Gemeinschaft. Es entstand eine Atmosphäre, die die Zeit zu einer sehr besonderen machte. Das Gefühl, im Kurs eine „bahnbrechende“ Erkenntnis gewonnen zu haben und etwas Neues ausprobiert zu haben, trägt ebenso dazu bei wie das Gefühl, seine Grenzen kennengelernt zu haben, vielleicht überwunden zu haben, zumindest aber daran gewachsen zu sein. Auch sind es der respektvolle Umgang miteinander und der Raum für Kreativität und Individualität, die diese besondere Atmosphäre entstehen ließen und sie prägten.

Um der Gemeinschaft zusätzlich einen gemeinsamen Rahmen zu geben, steht jede Akademie unter einem bestimmten Motto. In diesem Jahr war es das „Glück“, das uns über die Zeit hinweg begleitete. Glück ist ein weiter Begriff und hat unwahrscheinlich viele Facetten. Für uns standen die kleinen Glücksmomente, die Freundschaften, die entstehen und die Erfahrungen, die hier gemacht werden, im Vordergrund. Für einige Glücksmomente sorgte unser *geheimer Freund*, der

uns immer wieder mit kleinen Aufmerksamkeiten überrascht hat. Gemeinsam haben wir viele schöne Momente erlebt. Diese Momente werden uns immer begleiten und in Erinnerung bleiben. Am Ende haben wir die Akademie wieder durch die Akademieschleuse verlassen, und unsere gemeinsame Zeit ist zu Ende gegangen. Doch eines möchten wir euch mit auf dem Weg geben: Eure Wege werden sich wieder kreuzen! Die Freundschaften, die hier entstehen, halten oft noch über Jahre hinweg, und die Erfahrungen und die Erkenntnisse, die ihr hier gewonnen habt, gehen euch nie mehr verloren. Geht also mit offenen Augen durchs Leben und haltet Ausschau nach neuen „Türen“. Habt den Mut, sie zu öffnen und durch sie hindurch zu gehen.

Wir wünschen euch alles Liebe und Gute für euren weiteren Weg und für das, was als nächstes auf euch zukommt. Wir freuen uns sehr darauf, euch bald – in egal welchem Zusammenhang – wieder zu sehen. Vielleicht ja sogar wieder hier in Adelsheim!

Viel Spaß beim Lesen und Schmökern!

Eure/Ihre Akademieleitung



Patricia Keppler (Assistenz)



Nico Röck (Assistenz)



Georg Wilke



Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – DIGITALTECHNIK	7
KURS 2 – GEOPHYSIK	27
KURS 3 – GESCHICHTE/GERMANISTIK	47
KURS 4 – MATHEMATIK/INFORMATIK	71
KURS 5 – PHYSIK	95
KURS 6 – THEOPRAX	113
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	129
DANKSAGUNG	143

Kurs 5 – Physik: Ganz schön turbulent – die Lehre von Strömungen



Unser Kurs

Benjamin Brindle war der Mathe-Experte im Kurs, der uns des Öfteren mit hervorragenden mathematischen Kenntnissen verblüffte. Wenn etwas nicht gelingen wollte, regte er sich nicht auf. Durchweg behielt er seine ruhige Art bei und dachte fleißig über eine Lösung nach. Außerdem war er ein prima Kumpel zum Schachspielen, Faulenzen und Plaudern.

Diane Klose zeichnete sich durch ihre guten handwerklichen Fähigkeiten aus. Strukturiert und organisiert aber dennoch gut gelaunt ging sie jedes Problem an und steuerte maßgeblich zur Lösungsfindung bei. Mit ihrer Einsendung beim akademieweiten Fotowettbewerb „Glück im Bild“ verdiente sie sich am Doku-Wochenende Glücksschokolade.

Dilara Soysal wurde dank ihrer fröhlichen und lebenswürdigen Art von uns allen ins Herz geschlossen. Im Kurs brachte sie an der richtigen Stelle Denkanstöße und Anregungen ein. Dabei schreckte sie nicht davor zurück, viele bereichernde Fragen zu stellen. So regte sie manche kursinterne Diskussion an und brachte selbst in die trockene Theorie neuen Schwung.

Elly Reich wirkte aktiv in der Seifen-Gruppe mit und tüftelte unermüdlich und voller Energie. Immer positiv eingestellt und hilfsbereit verlor sie weder Überblick noch Geduld. Beim Sportfest übernahm sie häufig die Koordination unserer (sonst teils chaotischen) Physiker-Gruppe und war so entscheidend für unser erfolgreiches Abschneiden.

Janik Dietz schaffte es mit Elan, in jedes Gespräch Bewegung zu bringen. Er ließ uns alle an seinem Ideenüberschuss teilhaben und wies uns auf mögliche Probleme hin. Sogar von Niederlagen wie zum Beispiel etwas eigenwilligen Messergebnissen im Schwimmbad ließ sich sein Ehrgeiz nicht unterkriegen. So machte es großen Spaß, mit ihm zu arbeiten.

Johannes Wieland war stets sehr interessiert an theoretischen Kursinhalten und konnte diese auch verständlich wiedergeben. Passend zum Hauptberuf des Elektrikers (ausgeübt in der Theater AG) war er bei Experimenten der Sicherheitsexperte und immer darauf bedacht, alle Eventualitäten zu durchdenken.

Jonas Zischka verlor nie den Plan aus den Augen und wusste dadurch immer, was zu tun ist. Durch seine pragmatisch schwäbische Art hat er so manche Diskussion vor der sinnlosen Ausuferung bewahrt und uns angetrieben, das zu tun, was gerade am wichtigsten war. Ohne ihn säßen wir wahrscheinlich immer noch in Adelsheim und würden uns um die Reihenfolge der Vortragsteile streiten.

Lea Simic trug mit ihrer offenen und ruhigen Art zum guten Kursklima bei. Ihre Kreativität, Sorgfalt und Konzentration auf das Wesentliche machten sie zu einem guten Teammitglied. Auch außerhalb des Kurses hatte sie lustige Geschichten auf Lager, mit denen sie die Stimmung auflockern konnte.

Paul Krüper war mit seinem angenehmen und ausgeglichenen Charakter zu jedem Zeitpunkt ansprechbar und hilfsbereit. Freundlich und verlässlich, wie wir ihn kennengelernt hatten, war er gerne bereit, sich für das Team einzusetzen. Die theoretischen Hintergründe bereiteten ihm immer großen Spaß, weshalb er sich auch gerne in seiner Freizeit damit beschäftigte.

Sabine Wolf verhielt sich durchweg aufmerksam und aufgeschlossen und bereicherte die Nebel- und Seifen-Gruppe mit kreativen Ideen und zielstrebigem Arbeit. Auch außerhalb war sie offen und hatte immer einen Sinn für Humor. Damit war sie eine sehr

angenehme Person zum Unterhalten, und man musste sie einfach lieb haben.

Sebastian Koch animierte viele von uns mit seiner fröhlichen Art, selbst spät am Nachmittag am Projekt weiterzubauen. Im Kurs wurde er von einigen neckisch „junge Erbse“ genannt, da er häufig grüne Kleidung trug. Auch bekannt war er für seine läuferische Energie, weil er sich jeden Morgen beim morgendlichen Joggen sportlich betätigte.

Vincent Geppert war im Physik-Kurs sehr gut aufgehoben, was sich während der Arbeit herauskristallisierte. Für die Probleme und Herausforderungen hatte er immer einen Vorschlag parat, wie man weiterarbeiten konnte. Auch gelang es ihm, ein Aluminiumrohr ohne Knick zu biegen, obwohl daran selbst die Kursleiter gezweifelt hatten!

Maybritt Schillinger hatte als unsere Schülermentorin alle Hände voll zu tun und kümmerte sich rührend selbst um unsere banalsten Probleme. Sie war immer zur richtigen Zeit am richtigen Ort, um uns mit Rat und Tat zur Seite zu stehen. Auch für unsere verrücktesten Ideen war sie zu haben und wird uns deshalb sicherlich noch lange in Erinnerung bleiben.

Celia Viermann war eine Verfechterin des selbständigen Arbeitens und ließ uns den nötigen Freiraum, um unsere Ideen zu verwirklichen. Sie beantwortete gerne unsere zum Teil wirren Fragen und war nie ohne Lächeln im Gesicht anzutreffen. Und selbst wenn sie mal wieder hinter uns herräumen musste, verlor sie (fast) nie die Geduld und glaubte (fast) immer an eine Besserung.

Jochen Reder gab mit seiner großväterlichen Art auf alle Teilnehmer unseres Kurses acht und lernte selbst noch im Bereich der Astrophysik von Kursleiterin Celia dazu. Er prägte den Spruch „Wir sind keine Besserwisser, wir wissen’s wirklich besser“. Mit seinen vielen Lebensweisheiten aus seiner langjährigen Lehrerlaufbahn brachte er uns oft zum Lachen und lockerte die Stimmung damit auf.

Was wir Physiker gemacht haben

SABINE WOLF, LEA SIMIC

Der Physik-Kurs beschäftigte sich dieses Jahr mit der Fluidodynamik, der Lehre von Strömungen. Diese lässt sich unterteilen in die Aerodynamik, also die Lehre von Luftströmungen, und in die Hydrodynamik, die Lehre von Wasserströmungen.

Strömungen sind Bewegungen in Gasen und Flüssigkeiten. Man unterscheidet zwischen turbulente und laminare Strömungen. Laminare Strömungen (lat. lamina für Platte) verlaufen gradlinig, während turbulente Strömungen (lat. turbulentus für unruhig) Turbulenzen, also Wirbel, aufzeigen.

Unser Ziel war es, Strömungen in verschiedenen Fluiden sichtbar zu machen und Messungen durchzuführen. Dabei mussten geeignete Wege zur Visualisierung der Strömungen gefunden, die richtigen Versuchsaufbauten entwickelt, gebaut und die Experimente an ihnen durchgeführt sowie die gewonnenen Ergebnisse abschließend ausgewertet werden.

Nachdem wir uns schon am Eröffnungswochenende mit Strömungen beschäftigt hatten und Fragen wie „Warum fühlt sich mit offenem Mund ausgehauchte Luft warm, mit spitzen Lippen ausgepustete Luft aber kalt an?“ auf den Grund gegangen waren, entstanden gleich zu Beginn des Sommers viele tolle Ideen. So viele Ideen, dass wir beschlossen, sie in Kleingruppen weiterzuentwickeln. Am Ende wurden vier Gruppen mit verschiedenen Vorhaben gebildet:

- Gruppe 1: Turbulenzbildung – Strömungen auf Seifenfilmen
- Gruppe 2: Hydrodynamik – Messungen im Schulschwimmbad
- Gruppe 3: Hydrodynamik – Bau eines Wasserkanals
- Gruppe 4: Aerodynamik – Visualisierung von Luftströmungen im Windkanal

Hin und wieder – wenn man sich dann von den anstrengenden Bauphasen erholen musste – kam auch etwas Theorie ins Spiel, die unsere grauen Hirnzellen aktivieren sollte. Hier

aber reichte schon eine halbe Stunde, um unsere Köpfe zum Rauchen zu bringen. Gegen



Ende der Akademie gab es dann noch einen Ausflug zur Firma Tint Schl, die sich mit Strömungen in Lüftungsanlagen beschäftigt sowie Optimierungen im Bereich der Autotechnik vornimmt. Zudem besuchten wir die Technische Hochschule Nürnberg, wo wir unsere Ergebnisse zu Luftströmungen mit denen eines professionellen Windkanals vergleichen durften und erfreulicherweise feststellen konnten, dass wir gar nicht so schlecht waren!

Im Folgenden wollen wir näher auf unsere theoretische Arbeit, auf unsere Versuche und die dabei gewonnen Erkenntnisse eingehen, aber auch von unserer Exkursion berichten. Wir wünschen also viel Spaß beim Lesen!



Das Gesetz von Bernoulli

PAUL KRÜPER

Am Eröffnungswochenende haben wir uns intensiv mit einigen Grundlagen der Physik, wie z. B. Kraft, Arbeit und Energie beschäftigt. Außerdem führten wir einige überraschende

Versuche durch, die mit den Strömungen von Flüssigkeiten oder Gasen zu tun hatten. So nahmen wir unter anderem zwei Streifen Papier, hielten sie parallel zueinander und bliesen von der Seite hinein. Doch entgegen unserer Erwartung wurden die Streifen nicht auseinander gedrückt, sondern sie zogen sich an! Wie war das möglich?

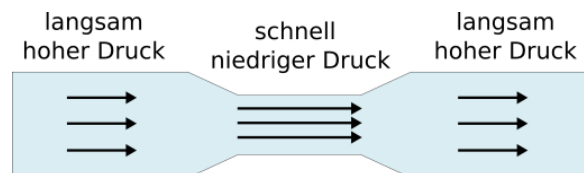
Daniel Bernoulli (1700–1782) war ein Schweizer Mathematiker und Physiker, der sich neben der Hydrostatik auch mit der Fluidodynamik befasste. Zu seinen Lebzeiten war bekannt, dass in einem Rohr, durch das ein Fluid fließt, welches sich nicht zusammendrücken lässt (also „inkompressibel“ ist), die Fließgeschwindigkeit v umso größer ist, je kleiner der Rohrdurchmesser ist (Venturi-Effekt). Oder auch: $r^2 \propto \frac{1}{v}$ (das Quadrat des Rohrdurchmessers ist proportional zum Kehrwert der Geschwindigkeit). Laut dem Kontinuitätsgesetz tritt das gleiche Volumen von Flüssigkeiten/Gasen aus, das auch eingetreten ist; damit muss sich die Geschwindigkeit erhöhen, wenn das Rohr schmaler wird.

Doch das verletzt auf den ersten Blick den Energieerhaltungssatz, denn es verändert sich die Geschwindigkeit, und daher muss es eine Beschleunigung geben. Folglich muss eine Kraft wirken, die das Fluid beschleunigt (es gilt $F = m \cdot a$). Und mit der Geschwindigkeit nimmt die Bewegungsenergie zu, da $E_{kin} \propto v^2$. Woher stammt also die Energie, mit der das Fluid beschleunigt wird? Und die Kraft?

Bernoulli kannte diesen Widerspruch und experimentierte mit einigen Röhren unterschiedlichen Durchmessers. Nach einigen Versuchen konnte er Venturis Beobachtung bestätigen. Daraufhin schloss er einige dünne Glaskolben an seine Apparatur an, um darin den statischen Druck zu messen. Und er machte eine grundlegende Entdeckung: Der (statische) Druck war in der Röhre unterschiedlich!

An den schmalen Stellen der Röhre, an denen die Flüssigkeit sich nach Venturi schnell bewegte, herrschte ein geringerer Druck als an den breiteren Stellen! Daher: $V \propto \frac{1}{p}$. Wenn wir uns die allgemeine Formel für den Druck anschauen, kann man sehen, woher die Kraft kommt, die wir suchen: $p = F/A$. Hier kommt die gesuchte Kraft sowie der Druck vor. Und die

fehlende Energie? Die ist u. a. mit der Formel $\Delta E = W = F \cdot \Delta s$ (Energieänderung/Umwandlung ist Arbeit und damit Kraft mal die Strecke, auf der die Kraft wirkt) gekoppelt. Das Ganze kann man sich so vorstellen: Damit ein Druck herrscht, muss eine Kraft wirken („Kraft pro Fläche“) und für die Kraft muss man Arbeit verrichten (also „arbeiten“). Da man sich Druck als Energieform/dichte vorstellen kann, ist bei einem niedrigeren Druck auch weniger Energie in dieser Form vorhanden, d. h. man hat weniger Energie für den Druck „abgegeben“, und damit eine überschüssige Energiedifferenz δE , die jetzt für die Beschleunigung der Flüssigkeit vorhanden ist.

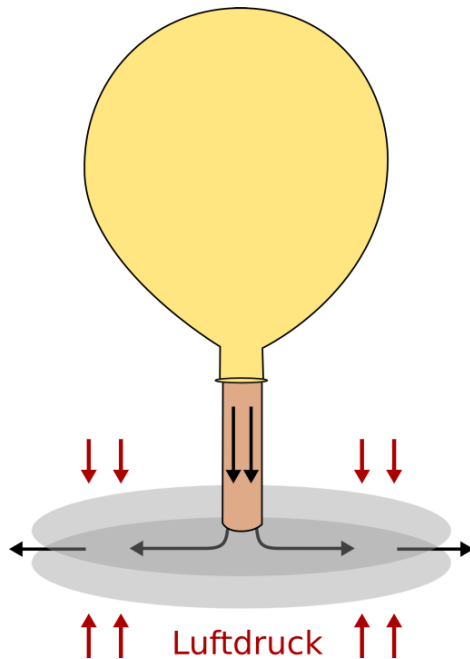


Ein Gedankenexperiment zum Bernoulli-Effekt: Je größer der Rohrdurchmesser, desto größer die Geschwindigkeit und damit desto kleiner der Druck in diesem Röhrenabschnitt

Damit lässt sich unser oben angesprochenes Experiment mit den Papierstreifen erklären: Die Luft strömt von oben durch den Spalt; dadurch muss die Luft einen „engeren“ Weg nehmen als wenn kein Spalt vorhanden wäre. Zusätzlich hat die Luft beim Pusten schon eine Anfangsgeschwindigkeit, welche laut dem Venturi-Effekt eine Geschwindigkeitserhöhung und damit laut dem Bernoulli-Gesetz eine Druckverminderung (also Unterdruck) verursacht. Deswegen werden die beiden Streifen zusammengedrückt.

In einem anderen Versuch wird das hydrodynamische Paradoxon demonstriert: Hier bläst man einen Ballon auf, dessen Öffnung an einem Loch einer Platte befestigt ist. Lässt man den Ballon los und hält man eine andere Platte parallel zur ersten, werden beide Platten zusammengedrückt (wie oben erklärt), anstatt sich wie erwartet abzustößen. Wenn allerdings die Platten sich anziehen und anschließend berühren, kann keine Luft mehr dazwischen hindurchströmen und damit reißt theoretisch der Effekt ab, und die untere Platte würde abfallen. Allerdings strömt ja noch Luft aus dem Ballon aus, deswegen befinden sich beide Kräfte im

Gleichgewicht, bis der Ballon leer ist.



Das Hydrodynamische Paradoxon

Mit den bernoullischen Ansätzen lässt sich auch noch ein anderes Phänomen des Alltags erläutern: Und zwar warum sich beim Pusten die Luft kalt und beim Hauchen warm anfühlt. Das hängt nämlich besonders von der Form der Lippen ab. Beim Pusten ist die Mundöffnung kleiner, damit die Luft schneller und der Luftdruck kleiner. Dadurch reißt der Strom weitere kalte Luft mit sich, welche auf die Hautoberfläche auftrifft und sich kalt anfühlt, weil die meiste Luft, die auftrifft, kalte Umgebungsluft ist. Beim Hauchen reißt der Strom nicht so viel Luft mit sich und die Entfernung vom Mund zur Hand ist auch kleiner.

Sie glauben mir nicht? Dann können Sie es beim nächsten Saunabesuch selbst ausprobieren. Hauchen bzw. pusten Sie dort einmal auf ihre Hand: Sie werden überrascht sein. Beim Pusten wird ja viel warme Luft mitgerissen, die viel wärmer als Ihre Köpertemperatur ist. Dadurch fühlt sich die heiße Luft der Sauna auf der Hand warm an. Beim Hauchen hingegen trifft die relativ kalte Luft aus der Lunge mit Körpertemperatur auf die nun etwas erwärmte Hand, die sich mittlerweile ein wenig an die Außentemperatur angepasst hat, auf und fühlt sich deswegen viel kälter an (zur Erinnerung: vorhin fühlte die Luft beim Pusten sich kälter

und beim Hauchen wärmer an).

Der Bernoulli-Effekt gehört zu den wichtigsten Erkenntnissen im Bereich der Fluidodynamik, denn mit ihm lassen sich grundlegende Sachverhalte wie z. B. einfache Strömungen ausreichend gut erklären. Er gehört somit zum naturwissenschaftlichem Basiswissen.

Theorie der Strömungen

JONAS ZISCHKA, BENJAMIN BRINDLE

In der Fluidodynamik werden Strömungsphänomene rechnerisch untersucht. Dazu werden sie durch zwei sehr komplexe Differentialgleichungen (DGL) beschrieben: die Navier-Stokes-Gleichung

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

und die Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{v} \frac{\partial \rho}{\partial \vec{x}} + \rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial \vec{x}} = 0.$$

Hier bezeichnet beispielsweise $\frac{\partial}{\partial t}$ die Ableitung (s. u.) nach der Zeit, $\frac{\partial}{\partial \vec{x}}$ die nach der räumlichen Position. Beide DGL wurden bis heute nicht gelöst. Sie enthalten unter anderem Terme, welche die zeitliche sowie räumliche Änderung der Geschwindigkeit und die räumliche Änderung des Druckes darstellen. Für uns war es im Kurs nicht möglich, die Gleichungen im Detail zu behandeln, da hierfür ein sehr tiefes physikalisches Verständnis vorhanden sein muss. Um zu verstehen, wie solche Differentialgleichungen physikalische Zusammenhänge beschreiben, haben wir einfachere Beispiele wie die harmonische Federschwingung betrachtet.

Ableitungen und Differentialgleichungen

Mit der Ableitungsfunktion $f'(x)$ einer Funktion $f(x)$ bezeichnet man die Zuordnungsfunktion

$$x \mapsto \text{Steigung der Tangente} \\ \text{an den Funktionsgraphen,}$$

wobei $f(x)$ in x stetig sein muss, d. h. man kann hier den Funktionsgraphen ohne Absetzen des Stiftes zeichnen.

Eine Tangente ist nichts anderes als eine Gerade mit Geradengleichung $f(x) = mx + a$, wobei hier m die Steigung bezeichnet. Die Steigung m ist bei einer Geraden definiert als y -Änderung pro x -Änderung. Oder anders ausgedrückt: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$. Dies kann man sich leicht an einem Steigungsdreieck verdeutlichen.

Die Steigung der Tangente einer Funktion f an einem festen x_0 ist fast analog definiert: Hier nehmen wir x_0 und $x_0 + \Delta x$ mit einem $\Delta x > 0$ her und legen durch die zugehörigen zwei Punkte der Funktion $f(x)$ eine Gerade. Nach unseren Resultaten über eine Gerade oben besitzt diese die Steigung

$$\begin{aligned} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{(x_0 + \Delta x) - x_0} \\ = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}. \end{aligned}$$

Je näher Δx bei 0 liegt, desto mehr nähern wir uns der Tangente von f in x_0 , da die beiden Punkte, durch die die Gerade gelegt ist, immer näher zusammenrücken. Lassen wir also Δx gegen 0 konvergieren (heißt: wir nähern uns der 0 immer mehr bzw. machen den Abstand der zwei Punkte unendlich klein), so bekommen wir auf diese Weise die Steigung der gesuchten Tangente. Damit ist deren Steigung, also die Ableitung von $f(x)$ in x_0 ,

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

(man spricht: „Limes von Δx gegen 0 von ...“, wobei Limes den Grenzwert bezeichnet). Ist f auf dem gesamten Definitionsbereich stetig, so definiert man in Anlehnung an das soeben Dargestellte die Ableitungsfunktion:

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

mit demselben Definitionsbereich wie $f(x)$.

Wichtige Ableitungsregeln sind auch die folgenden Formeln (diese haben wir im Kurs zwar nicht behandelt, sind aber zum vollen Verständnis des nachfolgenden Theorieteils wichtig, vor allem die letzte). Hierzu seien f und g stetige

Funktionen auf ihrem Definitionsbereich:

$$\begin{aligned} [(f + g)(x)]' &= f'(x) + g'(x) \\ [(f \cdot g)(x)]' &= f'(x)g(x) + f(x)g'(x) \\ [f(g(x))]' &= f'(g(x)) \cdot g'(x) \end{aligned}$$

Man kann sich die Ableitungen besonders gut an dem physikalischen Beispiel der Ortsfunktion veranschaulichen. Betrachtet man die momentane Änderung des Ortes mit der Zeit, stellt dies die momentane Geschwindigkeit bzw. die Ortsfunktion nach der Zeit abgeleitet dar.

Zu beachten ist, dass in der Physik die Ableitung nach der Zeit mit einem Punkt über der abgeleiteten Funktion geschrieben wird und nicht mit einem Strich wie in der Mathematik (Beispiel: \dot{s} anstatt s').

Harmonischer Federschwinger

Ein einfaches Beispiel für eine DGL ist der harmonische Federschwinger. Hier wird an eine Feder ein Gewicht gehängt und die Feder per einmaligem Ziehen (Auslenken) nach unten in Schwingung versetzt. Beim harmonischen Federschwinger werden Kräfte wie Gravitation etc. nicht berücksichtigt.

Zur Auslenkung dieser Feder ist eine Kraft notwendig, die proportional zur Auslenkung der Feder ist (Hookesches Gesetz):

$$\vec{F} = -D\vec{s}$$

Dabei bezeichnet D die Federkonstante und F die Federkraft. Diese Kraft dient zur Beschleunigung einer Masse (Newtonsches Kraftgesetz):

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\dot{\vec{v}} = m\ddot{\vec{s}}$$

Dabei ist a die Beschleunigung und F die sich dazu proportional verhaltende Kraft. Zur Herleitung benötigten wir die Formel für die Federkraft, die Kraftdefinition

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$$

und den Verlauf einer harmonischen Schwingung. Um diesen Verlauf zu beschreiben, benötigt man Sinus- und Kosinusfunktionen. Wie diese definiert sind, wollen wir im Folgenden erklären:

Trigonometrie

Der Sinus (eines Winkels) ist definiert als das Verhältnis von Gegenkathete zu Hypotenuse in einem rechtwinkligen Dreieck, bei dem ein Innenwinkel so groß ist wie der, von dem wir den Sinus bestimmen wollen. Diese Sinusfunktion kann auch außerhalb des Intervalls $[0^\circ, 90^\circ]$ definiert werden. Hierbei wird er 2π -periodisch im Bogenmaß gesehen. Man kann sich diese Definition am Einheitskreis, der hier nicht weiter ausgeführt werden soll, geometrisch verdeutlichen (wenn man einmal die gesamte Kreislinie (2π lang) abgelaufen ist, steht man wieder am Startpunkt und eine Periode ist zu Ende). Der Kosinus ist genau so definiert, nur mit dem Verhältnis von Ankathete zu Hypotenuse.

Die Kosinusfunktion ist nichts anderes als die Sinusfunktion um eine viertel Periode verschoben. Wichtig sind für uns die Ableitungen der soeben vorgestellten Funktionen, um die DGL, welche nachher aufgestellt wird, lösen zu können:

$$\begin{aligned}\cos'(x) &= -\sin(x) \\ \sin'(x) &= \cos(x)\end{aligned}$$

Bewegung des Federschwingers

Die zeitliche Entwicklung eines Pendels wird durch eine solche trigonometrische Funktion beschrieben:

$$s(t) = s_0 \cos(\omega t) .$$

Dabei bezeichnet ω die sogenannte Kreisfrequenz. Sie ist ein Maß dafür, wie schnell eine Schwingung abläuft.

Die zur Impulsänderung notwendige Kraft ist die Ableitung des Impulses nach der Zeit. Man kann nun Umformen und auch nach der Geschwindigkeit ableiten.

$$\begin{aligned}\vec{F} = \dot{\vec{p}} &= \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \\ &= \frac{d}{dt}\left(m \frac{d\vec{s}}{dt}\right) = \frac{d^2}{dt^2}(m\vec{s})\end{aligned}$$

Da nun beide Formeln dieselbe Kraft beschreiben, können wir jene gleichsetzen.

$$\begin{aligned}0 &= m\ddot{\vec{s}}(t) + D\vec{s}(t) \\ \Leftrightarrow m \frac{d^2\vec{s}}{dt^2} &= -D\vec{s}\end{aligned}\tag{1}$$

Nun haben wir unsere Differentialgleichung erhalten. Zur Lösung dieser Gleichung verwenden wir eine Funktionsgleichung einer harmonischen Schwingung, das heißt, eine Sinus- oder Kosinusfunktion.

$$s(t) = s_0 \cos(\omega t)\tag{2}$$

Wenn man nun nach der Kettenregel ableitet, erhält man eine weitere Ableitung des Ortes nach der Zeit.

$$\begin{aligned}\dot{s}(t) &= -s_0 \sin(\omega t) \\ \ddot{s}(t) &= -s_0 \omega^2 \cos(\omega t) \quad \text{bzw.} \\ \ddot{s}(t) &= (-\omega^2)s_0 \cos(\omega t)\end{aligned}\tag{3}$$

Einsetzen von 2 in 3 führt zu

$$\ddot{s}(t) = -\omega^2 s(t)\tag{4}$$

Einsetzen von 4 in 1 führt zu

$$\begin{aligned}-m\omega^2 s(t) + Ds(t) &= 0 \\ \Leftrightarrow (-\omega^2 m + D)s(t) &= 0\end{aligned}$$

Da $s(t)$ nicht immer null ist, muss mit der Regel vom Nullprodukt gelten:

$$\begin{aligned}D = \omega^2 m \Leftrightarrow \frac{D}{m} &= \omega^2 \\ \Leftrightarrow \sqrt{\frac{D}{m}} &= \omega\end{aligned}$$

mit $\omega = \frac{2\pi}{T}$ erhält man schließlich

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

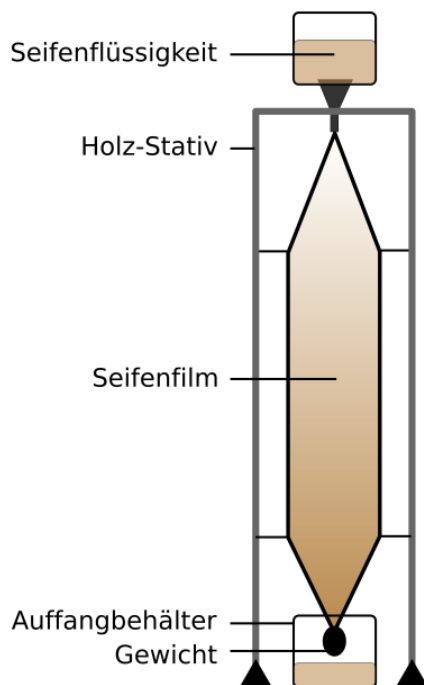
Hier wird erkennbar, dass man mithilfe der DGL und ihrer Lösungen wichtige Aussagen über die physikalischen Zusammenhänge machen kann – in diesem Beispiel kann man nämlich aus der DGL für den Federschwinger die Periodendauer herleiten.

Strömungen auf Seifenfilmen – Turbulente Straßen

ELLY REICH

Seifenblasen schillern in vielen verschiedenen Farben. Von diesem Phänomen inspiriert, versuchten wir Strömungen hinter Objekten auf

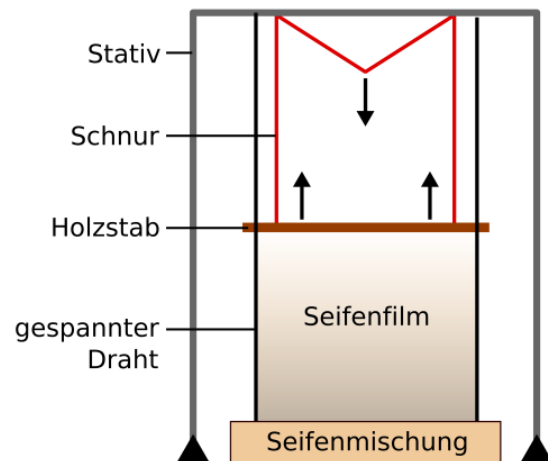
einem Seifenfilm sichtbar zu machen. Denn je nach Dicke eines Seifenfilms hat dieser eine andere Farbe. Um eine Seifenlösung herzustellen, mischten wir zunächst Wasser, Spülmittel und Glycerin. Nach einigem Experimentieren fanden wir eine Lösung, mit der wir eine Seifenhaut erzeugen konnten. Nun überlegten und bauten wir eine Vorrichtung, bei der wir die Objekte in die fließende Seifenlösung halten konnten: Zwischen zwei Holzplatten sind senkrecht vier Leisten befestigt. Durch ein Loch in der oberen Platte fließt die Seifenflüssigkeit aus einem Kanister auf einen sich teilenden Draht, der mithilfe eines Gewichts gespannt ist. So bildet sich zwischen den Drähten eine Seifenhaut.



Turm mit fließender Seifenlösung

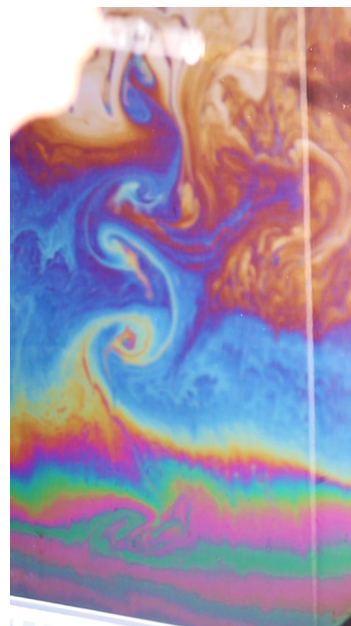
Zwar bildete sich eine ungefähr acht Zentimeter breite Seifenhaut zwischen den Drähten, doch konnten wir mit diesem Aufbau keine Ergebnisse erzielen, da die Seifenhaut meist nach nur wenigen Sekunden zerplatzte und nicht in verschiedenen Farben schillerte. Wir erkannten schnell, dass dies an der zu schnell durch den Trichter fließenden Seifenlösung lag. Außerdem war der erzeugte Seifenfilm zu dick. Um diese Probleme zu lösen, verkleinerten wir die Trichteröffnung, doch dies führte dazu, dass die Lösung keine Seifenhaut mehr bildete, sondern

nur noch an den Drähten entlang floss. Daher bauten wir eine verbesserte Vorrichtung, bei der die Seifenhaut statisch war. Wir spannten einen Seifenfilm wie bei einer Riesenseifenblase entlang eines Drahtes, anstatt die Seifenlösung herunterfließen zu lassen. Die Objekte – wir nutzten Strohhalme – wurden hindurch gezogen.



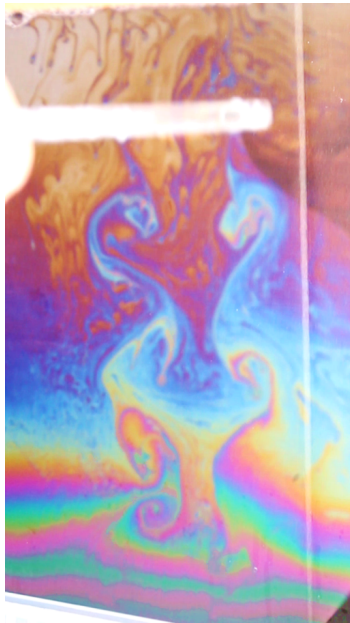
Zweiter Aufbau: statischer Seifenfilm

Der zweite Aufbau funktionierte so gut, dass die Strömungen hinter den Objekten sehr gut sichtbar waren und wir einzigartige Bilder und Videoaufnahmen machen konnten.



Kármánsche Straße hinter einem Strohhalm

Auf diesen erkennt man, wie wir es uns erhofft hatten, dass sich hinter den Strohhalmen eine



Kármánsche Straßen hinter zwei Strohhalmen, die sich gegenseitig beeinflussen

sogenannte Kármánsche Wirbelstraße bildet. Diese wurde im Jahr 1911 von Theodore von Kármán erstmals nachgewiesen und zeichnet sich dadurch aus, dass sich hinter einem umströmten Objekt gegenläufige Wirbel bilden. Das gleiche Phänomen sieht man zum Beispiel auch bei Wolken, die auf Bergspitzen treffen oder in den Versuchen der anderen Gruppen.

Messungen im Schulschwimmbad – Widerstand ist messbar

JOHANNES WIELAND, JANIK DIETZ,
JONAS ZISCHKA

Schon beim Eröffnungswochenende haben wir an Schnüren befestigte Körper wie etwa Kegel oder Halbkugeln durch das Wasser im akademieinternen Schwimmbad gezogen, um Strömungen an diesen Körpern zu beobachten. Dabei stellten sich uns jedoch einige Probleme in den Weg. So war es schlecht möglich, Messungen durchzuführen, da wir weder die Körper mit einer konstanten Geschwindigkeit ohne äußere Störungen des Strömungsbildes durchs Wasser ziehen noch die relevanten Kräfte messen konnten. Deswegen hatten wir es uns zur Aufgabe gemacht, einen Versuchsaufbau zu konstruieren, der es uns ermöglichte, unsere Versuchskörper

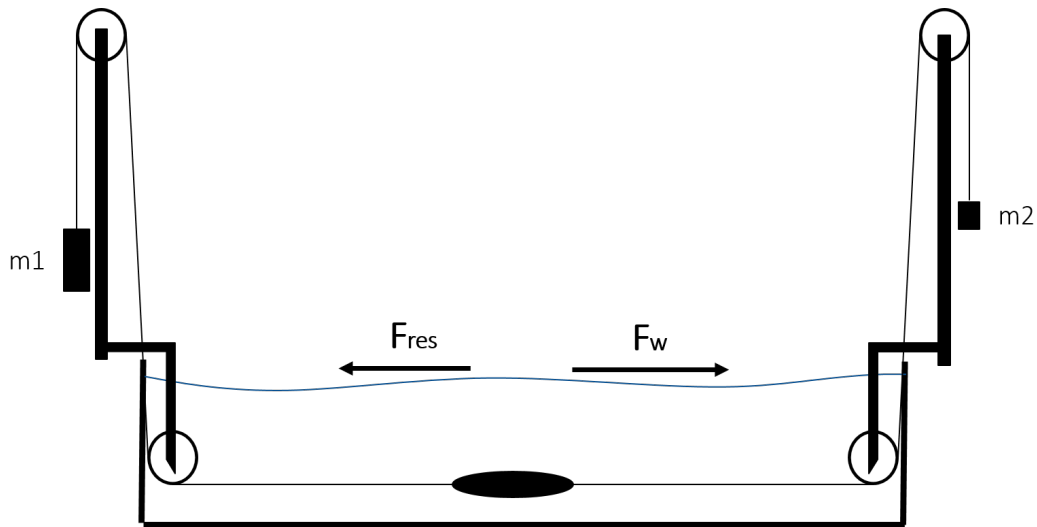


per mit konstanter Geschwindigkeit durch das Becken zu ziehen, der aber gleichzeitig auch eine präzise Kräftemessung zulässt. In Bezug darauf war unser primäres Ziel die Errechnung der Widerstandszahlen der Körper, also der c_w -Werte. Diese sind körperspezifische Konstanten, die die Stromlinienförmigkeit eines Körpers angeben.



Aufbau

Da es uns nicht möglich war, eine Person im Wasser zum Ziehen der Körper einzusetzen, war es klar, dass wir eine Apparatur am Beckenrand benötigen würden, um unsere Messungen durchzuführen. Im Wesentlichen bestand unsere Apparatur aus zwei Kartenständern des



Aufbau der Apparatur im Schwimmbad

Eckenberg-Gymnasiums Adelsheim, die auf je einem dreieckigen Unterbau festgeschraubt waren. Wir befestigten mithilfe von Stativstangen je einen Flaschenzug oben an den Kartenständern. Am Unterbau war eine Art Galgen befestigt, der bis ins Wasser ragte.



Über ein Rollensystem liefen nun die Seile der Flaschenzüge durchs Wasser. In die Schnur konnten wir unsere Körper mittels zweier Ha-

ken einhängen. An beide Flaschenzüge hängten wir verschiedene Massen.

Etwa in der Mitte des Schwimmbeckens spannten wir eine Schnur, die uns zusammen mit einer weiteren Schnur kurz vor Ende des Beckens als Markierung für die Zeitmessung diente. Als unsere Apparatur fertig war, dichteten wir noch unsere Körper mit Wachs ab, damit diese wasserfest waren.

Funktionsweise unseres Aufbaus

Das Prinzip unserer Apparatur basierte auf einer Massendifferenz. An der über ein Rollensystem laufenden Schnur waren wie schon erwähnt an beiden Enden Gewichte befestigt: Die Massestücke m_1 und m_2 .

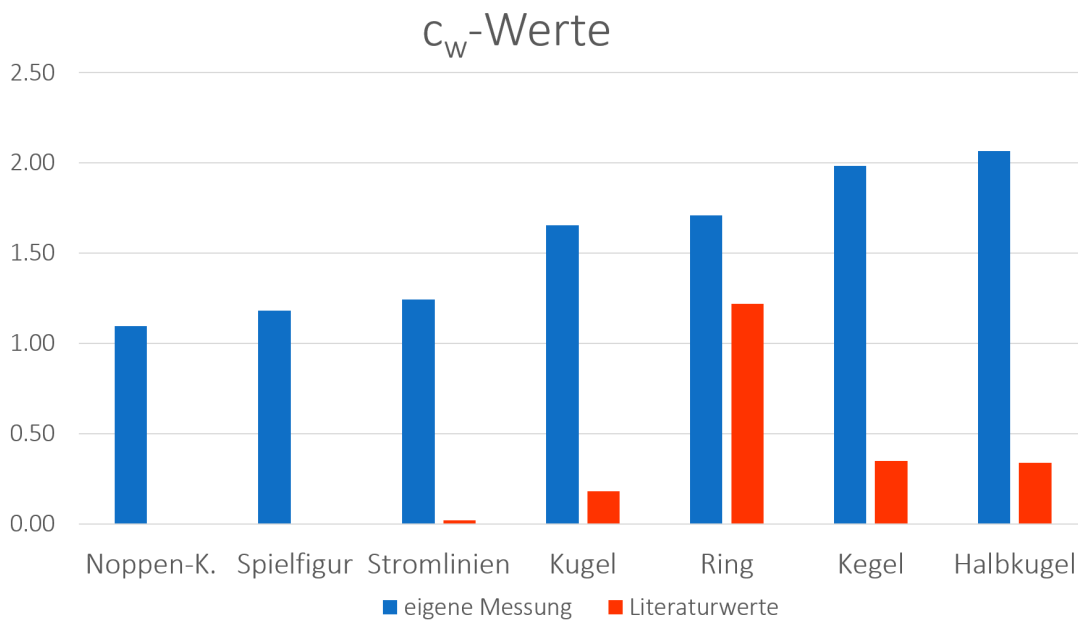
Diese Massestücke waren nun unterschiedlich schwer. Es gilt also $m_1 > m_2$. Die beiden Massestücke erzeugen natürlich auch Gewichtskräfte: Die Kräfte F_1 und F_2 . Diese lassen sich aus den Massen der Massestücke und dem Ortsfaktor errechnen:

$$F_1 = m_1 \cdot g$$

$$F_2 = m_2 \cdot g$$

Da zwischen m_1 und m_2 eine Massendifferenz besteht, besteht zwischen F_1 und F_2 eine Kräfteendifferenz F_{res} . Diese lässt sich ausrechnen, indem man F_2 von F_1 subtrahiert:

$$F_{res} = F_1 - F_2$$



Dies ist die Kraft, die den Körper durchs Wasser zieht. Dieser Kraft wirkt allerdings noch eine andere Kraft entgegen. Der Wasserwiderstand F_w . Solange der Körper ruht, wirkt diese Kraft nicht. Beschleunigt der Körper aufgrund von F_{res} , so wächst der Wasserwiderstand proportional zur Geschwindigkeit im Quadrat an:

$$F_w \propto v^2$$

Nach einer gewissen Beschleunigungsphase ist der Wasserwiderstand genauso groß wie die Kraft, die den Körper durchs Wasser zieht:

$$F_w = F_{res}$$

Ist dieser Punkt erreicht, besteht keine Kräfte-differenz mehr, der Körper erfährt also keine Beschleunigung mehr und bewegt sich nun mit konstanter Geschwindigkeit durchs Wasser:

$$a = 0 \quad v = \text{const.}$$

Dies ist der Punkt, ab dem wir unsere Messungen durchführen konnten. Unser Ziel war es, den c_w -Wert unserer Körper zu errechnen. Dafür verwendeten wir folgende Formel:

$$F = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

Wobei F die Kraft ist, die den Körper durchs Wasser zieht. Der c_w -Wert ist die körperspezifische Widerstandszahl, die wir messen und

errechnen wollten. A ist die Schattenfläche unserer Körper, die man sieht, wenn man von vorne auf den Körper schaut. Diese können wir berechnen. ρ beschreibt die Dichte des Mediums, in unserem Fall also die Dichte des Wassers. Und die Geschwindigkeit v haben wir bei unseren Experimenten gemessen.

Auswertung

Wir haben Messungen mit einem stromlinien-ähnlichen Körper, einer Kugel, einer Spielfigur, einem Kegel, einem Ring und einer Halbkugel gemacht.

Dabei traten erhebliche Differenzen zwischen unseren gemessenen Werten und den Literaturwerten auf. Dennoch kann man erkennen, dass der stromlinienähnliche Körper den kleinsten c_w -Wert hat. Systematische Fehler könnten dadurch entstanden sein, dass manche Körper (z. B. Halbkugel und Kegel) nicht vollständig im Wasser und manche Körper schwerer als andere waren. Dadurch kommt das Problem des Übergangs zwischen den Medien Luft und Wasser ins Spiel. Da diese Medien verschiedene Dichten und daraus resultierend einen verschiedenen Widerstand haben, haben die Körper, die zum Teil aus dem Wasser ragten, ein verändertes Strömungsverhalten, wodurch sich wahrscheinlich auch Messfehler eingeschli-

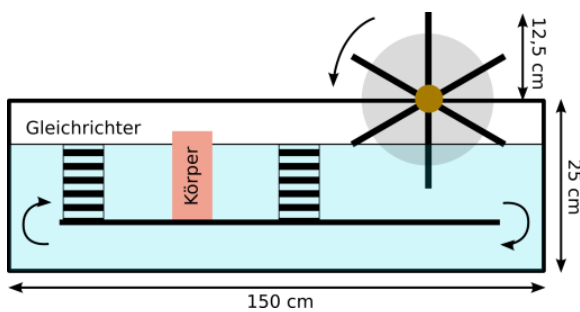
chen haben. Zudem waren sowohl die Messung der Geschwindigkeit als auch die Messung der Schattenfläche ungenau, da wir nur einfache Messgeräte zur Verfügung hatten.

Der Unterschied der gemessenen Werte zu den Literaturwerten dürfte höchstwahrscheinlich auf die Reibung unseres mechanischen Aufbaus zurückzuführen zu sein, da es sich um ein Rollensystem handelt, in dem eine hohe Reibung zwischen Seil, Rollen und der Apparatur selbst besteht. Die Kraft, die dadurch verloren ging, konnten wir nicht präzise bestimmen, da die Reibung in mechanischen Aufbauten geschwindigkeitsabhängig ist. So war die entstehende Reibung in der Apparatur und der dadurch entstehende Kräfteverlust bei Körpern mit einer hohen Geschwindigkeit höher, bei Körpern mit einer niedrigeren Geschwindigkeit niedriger.

Bau eines Wasserkanals – Tinte auf Tauchgang

DIANE KLOSE, LEA SIMIC

Das Ziel unserer Kleingruppe war es, Strömungen um verschiedene Körper in Wasser sichtbar zu machen. Zu diesem Zweck haben wir den Prandtl-Kanal nachgebaut. Dieser Wasserkanal wurde von dem Wissenschaftler Ludwig Prandtl (1875–1953) entwickelt.



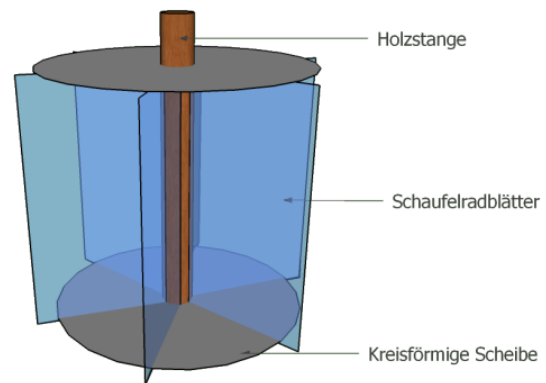
Aufbau unseres Wasserkanals

Ein Prandtl-Kanal besteht aus einer quaderförmigen Wanne, die durch eine kürzere auf Stützen ablegbare Platte in zwei Teile unterteilt ist. Dabei fließt das Wasser, welches durch ein Schaufelrad in Bewegung gesetzt wird, unter der Zwischenplatte hindurch und über ihr auf den Körper zu. In unserem Kanal befanden sich außerdem vor und nach dem Körper Gleichrichter aus vielen aneinander geklebten Strohhalmen. Der vordere Gleichrichter diente

dazu, turbulente Strömungen in laminare, also gleichmäßige Strömungen umzuwandeln. Der hintere Gleichrichter sollte das von den Kanalwänden zurückschwappende Wasser vom Versuchskörper fernhalten.



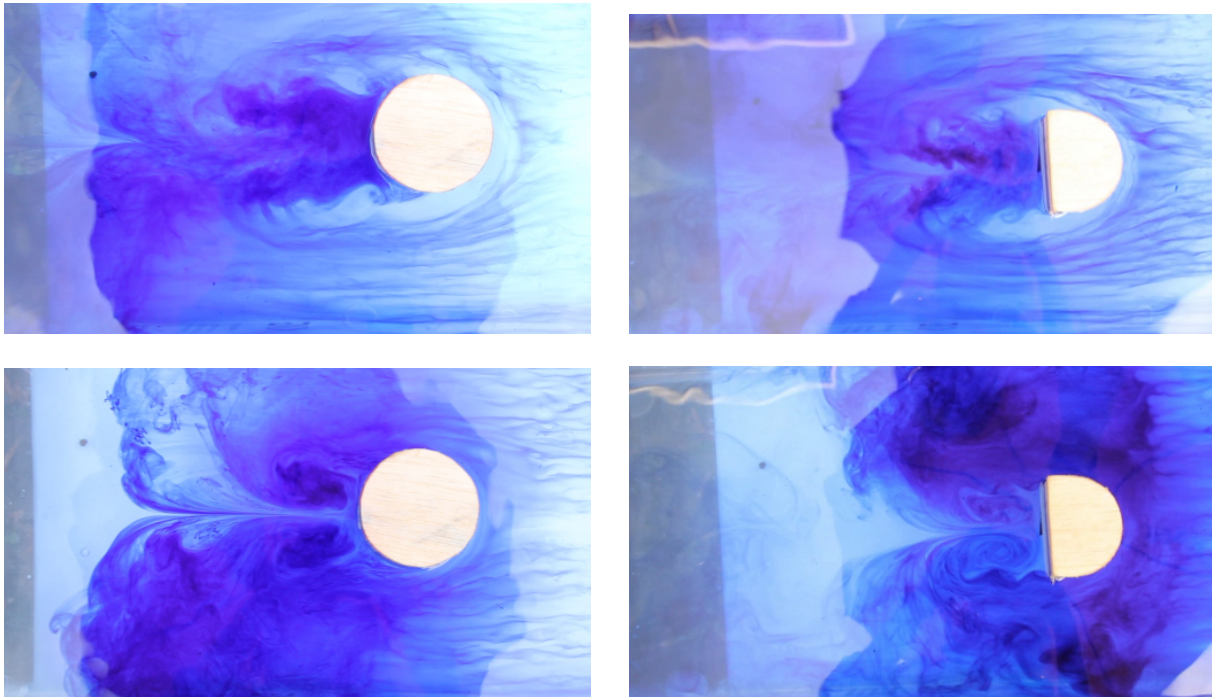
Nach dem Bau der aus Plexiglas bestehenden Wanne und deren Abdichtung mit Silikon folgte die Entwicklung des Schaufelrads, was einige Schwierigkeiten mit sich brachte. Das größte Problem dabei war die Befestigung der Schaufelradblätter aus Plexiglas an der Holzstange gewesen. Zur Bedienung des Schaufelrads brachten wir eine Kurbel an dem einen Ende der Holzstange an.



Das Schaufelrad

Das Schaufelrad wurde so oben auf die Wanne gesetzt, dass die Schaufelradblätter ins Wasser reichten, die Stange aber auf den Wänden des Kanals auflag. Wir befestigten es mithilfe einer Halterung so an den Kanalwänden, dass es sich zwar noch drehen ließ, sich dabei aber nicht von seinem Platz bewegen konnte.

Nachdem wir den Bau des Prandtl-Kanals abgeschlossen hatten, benötigten wir Versuchs-



Wasserströmungen bei Zylinder und Halbzylinder

körper. Wir bauten einen Quader, einen Zylinder und einen Halbzylinder aus Holz- und Rohrstücken. Diese Körper ließen sich mit einer Schraube an der Zwischenplatte befestigen.

Bei den ersten Versuchsdurchläufen traten jedoch bald Störfaktoren auf: Die Reflexion des Wassers und der Boden, der auf den Videoaufzeichnungen durch das Wasser erkennbar war, behinderten unsere Beobachtungen. Diese Probleme lösten wir, indem wir einen Regenschirm über den Kanal hielten und eine weiße Unterlage darunter legten.

Zur Visualisierung der Strömungen testeten wir Tinte und Aluminiumpulver. Letzteres aber schwamm nicht auf der Wasseroberfläche und sank auf die Zwischenplatte hinunter. Also füllten wir Tinte in große Spritzen und träufelten sie hinter und neben den Körper. Wir erkannten schnell, dass wir die Tinte vor der Strömungserzeugung ins Wasser geben mussten, um die besten Ergebnisse zu erzielen. Diese waren sehr zufriedenstellend, da die Strömungen um die Körper gut sichtbar wurden. So konnte man das Totwassergebiet und die sogenannte Kármánsche Wirbelstraße in unseren Aufzeichnungen klar erkennen. Als Totwassergebiet wird die Zone hinter einem Körper bezeichnet, in der durch das schnell vorbeifließende Wasser ein

Unterdruck entsteht. Dieser Unterdruck „zieht“ das Wasser und somit auch die zuvor hineingespritzte Tinte an. Diese Erscheinung wird an anderer Stelle auch als Bernoulli-Effekt bezeichnet.

Vergleicht man das Totwassergebiet von Zylinder und Halbzylinder miteinander, so kann man erkennen, dass dieses beim Halbzylinder größer ist. Das liegt daran, dass die Strömung beim Halbzylinder nicht so lange am Körper anliegen kann wie beim Zylinder. Je früher die Strömung abreist, desto größer ist die Wirbelbildung.

Die Kármánsche Wirbelstraße beschreibt die Struktur der Wirbelbildung hinter dem Versuchskörper. Charakterisierend für sie sind die jeweils versetzt gegenüber entstehenden Wirbel, die man auf unseren Bildern wie auch schon bei der Seifengruppe sehr gut sehen kann.

Abschließend können wir sagen, dass wir unser Ziel, Wasserströmungen zu visualisieren, erreicht haben und darüber hinaus noch Phänomene wie die Kármánsche Wirbelstraße beobachten konnten. Gerne hätten wir noch weiter experimentiert und unsere Beobachtungen systematisch ausgewertet, sind aber mehr als zufrieden mit dem, was wir erreicht haben.

Visualisierung von Luftströmung – Im Nebel verweht

DILARA SOYSAL, VINCENT GEPPERT

In der Arbeitsgruppe Luft war es unser Ziel, Luftströmungen sichtbar zu machen, um dadurch das Strömungsverhalten an verschiedenen Körpern beobachten zu können. Um dies umzusetzen, standen uns unter anderem ein Windkanal sowie eine Nebelmaschine zur Verfügung.



Unser finaler Aufbau

Unsere erste Idee basierte auf einzelnen Nebelfäden, die den Körper umströmen sollten, und die wir mit Hilfe eines Plastikröhrchens ($\varnothing 5$ mm), in das seitlich kleine Löcher ($\varnothing 2$ mm) gebohrt waren, erzeugen wollten. Um den Nebel in das Plastikröhrchen zu leiten, befestigten wir an der Nebelmaschine einen Trichter, an den wir über Schläuche das Plastikröhrchen anschlossen. Von dieser Vorrichtung erhofften wir uns ein klares Beobachtungsfeld, da die Nebelfäden Strömungen und Turbulenzen sichtbar machen würden. Nach demselben Prinzip funktionieren auch Geräte der Firma Tintschl, welche sich unter anderem professionell mit der Visualisierung von Luftströmungen beschäftigt.

Beim praktischen Versuch stellten sich uns jedoch mehrere Probleme in den Weg. Zum einen war die Nebelmenge durch die hohe Kondensation und die schwache Nebelmaschine nur sehr gering. Zum anderen verflog der Nebel, sobald er das Röhrchen verlassen hatte schon nach kurzer Strecke, da er nicht dicht genug war. Noch dazu waren die Löcher des Plastikröhrchens ausgefranst, wodurch schon in den Nebelfäden selbst Verwirbelungen entstanden,

sodass wir dieses durch ein Aluminiumrohr derselben Abmessung austauschten. So konnten wir laminare Nebelfäden erzeugen.

Letzten Endes war das Ergebnis zwar besser, allerdings nicht gut genug für unsere Forschungszwecke. Daher suchten wir nach einer Möglichkeit, die Kondensation des Nebels zu minimieren.

Um die kurze Dauer der Nebelerzeugung von 15 Sekunden zu umgehen, versuchten wir ein „Nebelreservoir“ zu bauen. Dazu verwendeten wir ein großes Kunststoffrohr ($\varnothing 70$ mm), an dessen einem Ende wir die Nebelmaschine befestigten und am anderen einen herkömmlichen PC-Lüfter. Dann füllten wir mehrere „Ladungen“ Nebel in das Rohr und bliesen diesen mit Hilfe des PC-Lüfters heraus. Da gleich beim ersten Versuch fast der gesamte Nebel an der Wand des Rohres kondensierte, montierten wir unsere Trichterkonstruktion nicht vor dem PC-Lüfter.



Das Totwassergebiet hinter einem Kegel

Als nächstes versuchten wir es mit einem großen Karton, wodurch im Verhältnis zum Volumen weniger Kondensationsfläche entstand. An diesen befestigten wir wieder die Nebelmaschine sowie den PC-Lüfter und füllten Nebel ein. Dadurch konnten wir die Kondensation gering halten und die „Nebeldauer“ auf über eine Minute ausdehnen. Doch dann bemerkten wir, egal wie viel Nebelladungen wir einfüllten, es kam immer ungefähr dieselbe Menge an Nebel heraus. Durch theoretische Überlegungen konnten wir feststellen, dass der Nebel zwar kondensierte, aber wir dies nicht feststellen konnten, da der Karton die kondensierten Wassertropfen aufsaugte. Somit war auch dieser Versuch nicht gelungen.

Da wir an der Leistung der Nebelmaschine zu zweifeln begonnen hatten, testeten wir deren Nebelproduktion explizit im Windkanal. Zu unserer Verwunderung produzierte sie im Prinzip genügend Nebel. Somit wussten wir, dass es mit unserer Nebelmaschine möglich ist, Strömungen sichtbar zu machen.

Wir begannen nun, unseren finalen Versuchsaufbau zu planen, bei dem wir versuchten, all unsere vorherigen Probleme zu berücksichtigen. Doch als wir anfangen wollten, diesen Plan umzusetzen, riefen uns unsere Kursleiter zusammen. Sie verrieten uns, dass sie bei einem früheren Besuch bei der Firma Tintschl eine professionelle Nebelmaschine ausgeliehen hatten. Aber als sie uns vorschlugen, diese nun zu verwenden, war unser Ehrgeiz geweckt. Wir setzten uns das Ziel, mit unserer Nebelmaschine ähnliche Ergebnisse zu erzeugen wie mit der professionellen der Firma Tintschl.



Durch den Unterdruck hinter der hohlen Halbkugel entsteht ein Totwassergebiet in Form einer zweiten Halbkugel

Auf diesem Bild sieht man, dass wir das Kondensationsproblem durch ein mit Styropor und Bauschaum isoliertes Aluminiumrohr gelöst haben. Da das Rohr nun an der Nebelmaschine aufgeheizt wird, kann der Nebel nicht kondensieren.

Eine weitere Schwierigkeit, die uns erst bei unserem finalen Aufbau aufgefallen ist, war, dass wir natürlich auch Bilder von den Wirbeln machen wollten. Mit bloßem Auge konnte man die Nebelfäden zwar sehen, aber auf der Kamera nicht. Daher verlegten wir unseren Aufbau in einen dunklen Raum und befestigten hinter dem Objekt, das wir fotografieren wollten,

einen schwarzen Hintergrund sowie eine punktuelle Lichtquelle. Diese wird auf dem Foto von dem Objekt verdeckt, strahlt jedoch den Nebel um das Objekt an. Mit diesem Aufbau war es uns möglich, Bilder sowie Videos aufzunehmen. Auf den Fotos werden drei unserer Ergebnisse gezeigt.



Hinter dem oberen Teil des Rings sieht man eine Kármán-Straße

Exkursion

JOHANNES WIELAND, SEBASTIAN KOCH

Bei unserer ganztägigen Exkursion besuchten wir sowohl den Standort der Firma Tintschl in Erlangen als auch die Technische Hochschule in Nürnberg.

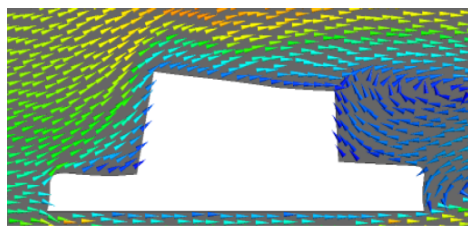
Die Firma Tintschl

Die Firma Tintschl bietet Personal- und Ingenieurdienstleistungen im Bereich Maschinen- und Anlagenbau an. Sie beschäftigen sich dabei unter anderem auch mit der Messung, Visualisierung und Simulation von Strömungen. Da sie uns freundlicherweise nach Erlangen einluden, hatten wir eine gute Möglichkeit zu sehen, wie sich die Experten mit Strömungen beschäftigen.

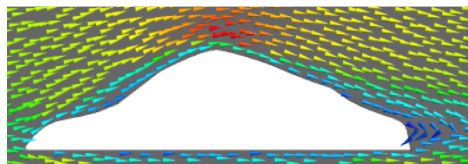
In einem Raum wurde extra für uns ein Beispiel, wie man Strömungen an bestimmten Modellen aus Styropor sichtbar machen kann, aufgestellt. Unter diesen befanden sich unter anderem ein Auto und ein Schiff. Wir verwendeten dabei eine professionelle Nebelmaschine.

Als nächstes wurde uns eine Apparatur zur Eichung von Messgeräten vorgeführt, die mithilfe von Lasern die Geschwindigkeit einzelner

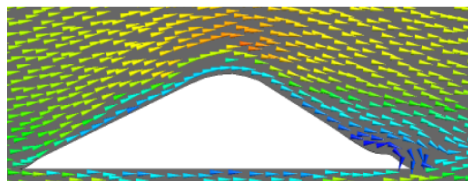
Nabelteilchen misst, wodurch Wärmesensoren kalibriert werden können. Im Laufe der Besichtigung konnten wir jeweils in kleinen Gruppen am Computer ein zweidimensionales Auto für eine Strömungssimulation konstruieren, das einen möglichst kleinen c_w -Wert (Widerstandswert) haben sollte. Dabei waren nur einige Größen vorgegeben, zum Beispiel dass das Auto eine gewisse Mindesthöhe haben musste. Es kamen interessante Ergebnisse heraus, zum Beispiel ein Auto, das wie ein UFO aussah.



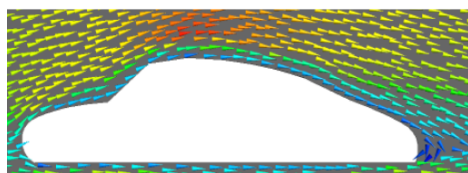
Cw-Wert: 1.963



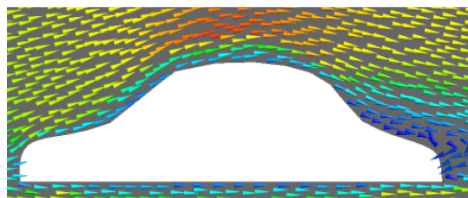
Cw-Wert: 0.420



Cw-Wert: 0.462



Cw-Wert: 0.447



Cw-Wert: 0.668

Technische Hochschule in Nürnberg

Nachdem wir bei der Firma Tintschl bereits einiges über Strömungsphysik in der Industrie gelernt hatten, war die Technische Hochschule Nürnberg unser nächstes Ziel. Dort wurden wir von Herr Ganser, dem Labormeister des

Strömungslabors der TH, begrüßt. Gleich nach unserer Ankunft durften wir das Kernstück des Labors bewundern, einen Windkanal der Göttinger Bauart (geschlossener Windkreislauf), der sich über zwei Stockwerke erstreckt. Im Anschluss an unsere Besichtigung des unteren Stockwerks führte Herr Ganser uns in den Kontrollraum, wo für jede Person ein Gehörschutz bereitgehalten wurde, da der Windkanal bei hohen Windgeschwindigkeiten einen Lärmpegel von über 80 Dezibel erzeugt. Ein Windkanal wie der der TH ist vor allem auch auf präzise Messungen ausgelegt, daher müssen einige Geräte vorhanden sein. Dazu gehören unter anderem eine Prandtlsonde zur Bestimmung des Staudrucks (welcher wichtig für die Geschwindigkeitsmessung ist) und ein präziser Laser (ebenfalls zur Geschwindigkeitsmessung).



Nach kurzer Erläuterung der Systeme führte Herr Ganser uns vor, wie man Strömungen im Labor sichtbar macht, wozu er einen von ihm selbst entwickelten Nebelrechen benutzte, der einzelne Nebelfäden erzeugt. An einigen interessanten Beispielen erfuhren wir, wie sich Strömungen verhalten, die zum Beispiel eine Halbkugel umströmen. Dabei waren sowohl

Wirbel als auch die hinter einem Körper entstehende Totwasserzone gut zu sehen. Natürlich ist es mit einem derartigen Windkanal auch möglich, die körperspezifischen Widerstandszahlen, die c_w -Werte, per Computerprogramm zu bestimmen.



Noch liegt die Strömung am Flügel an



Bei zu steilem Anstellwinkel kommt es zum Strömungsabriss

Schlussendlich stellte Herr Ganser noch anschaulich dar, was passiert, wenn ein Pilot sein Flugzeug in einem zu steilen Winkel aufsteigen lässt, es also zum berühmten Strömungsabriss kommt. Dazu verwendete er ein Modell eines Flugzeugflügels, das er langsam immer steiler stellte.

Wir bedanken uns herzlich bei der Firma Tintschl und Herrn Ganser, dass sie uns ermöglicht haben, einen Einblick in ihre Arbeit zu werfen und dass sie uns diese interessanten Experimente zur Verfügung gestellt haben.



Was noch gesagt werden muss

In diesen zwei Wochen der Akademie haben wir wohl mehr gelernt als wir bis zum Abitur in der Schule noch lernen werden. Der Physikkurs war für uns alle etwas ganz Besonderes, wir haben viel gelernt in einer Atmosphäre, die keineswegs mit der einer Schule vergleichbar ist. Wir alle hatten unglaublich viel Freude, Neues zu erfahren und unsere Kenntnisse auszutauschen. Unsere Kursleiter waren immer sehr offen und gingen auf jede unserer Fragen, so weit sie auch wegführten, mit Freuden ein, wodurch uns der Physikkurs ein unvergessliches Erlebnis wurde. Es herrschte ein phänomenales Verhältnis unter uns. Dafür nochmals vielen Dank!

Wir hätten gerne noch zwei Wochen weitergeforcht. Oder zwei Monate. Oder zwei Jahre . . .

Danksagung

Die JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 12. Mal statt. Daher möchten wir uns an dieser Stelle bei denjenigen bedanken, die ihr Stattfinden überhaupt möglich gemacht haben.

Die JuniorAkademie Adelsheim 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 Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, Herrn Prof. Dr. Werner Schnatterbeck, der Referatsleiterin Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Herrn Rechten vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt.

Die Akademie wurde finanziell 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.

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.