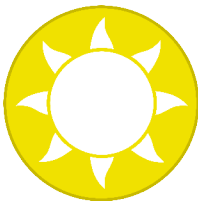
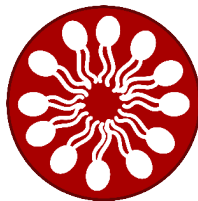


JuniorAkademie Adelsheim

14. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2016



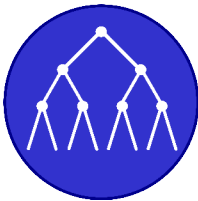
Astronomie



Chemie



Germanistik



Informatik



Physik



TheoPrax

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2016**

**14. Science Academy
Baden-Württemberg**

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2016:

Regierungspräsidium Karlsruhe

Abteilung 7 –Schule und Bildung–

Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4454

Fax.: (0721) 933 40270

www.scienceacademy.de

E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de

petra.zachmann@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 14. JuniorAkademie Adelsheim 2016 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Copyright © 2016 Jörg Richter, Petra Zachmann

Vorwort

Zum 14. Mal bereits fand in diesem Jahr die Junior Akademie Adelsheim statt, traditionell am Landesschulzentrum für Umwelterziehung am Eckenberg in Adelsheim. Schon im Juni starteten wir, Leiter, Mentoren und 71 Teilnehmer, mit dem Eröffnungswochenende und dem damit verbundenen ersten Kennenlernen in die diesjährige Akademie. Mit dem Schreiben der Dokumentation im Herbst wurden die Ergebnisse und Erlebnisse der Akademie festgehalten und die Akademie damit zu einem schönen Abschluss gebracht.

Durch das Arbeiten in den Kursen erhalten die Jugendlichen Einblicke in das wissenschaftliche Arbeiten und erlernen den eigenständigen Umgang mit schwierigen Fragestellungen, indem sie sich intensiv mit einem Thema auseinandersetzen. Neben dem Zuwachs an fachlichem und methodischem Wissen können die Teilnehmer auf der persönlichen Ebene von der Akademie profitieren: Die gemeinsam verbrachte Zeit schweißt all diejenigen, die an der Akademie teilnehmen, zu einer großen Gemeinschaft zusammen und führt zu einer besonderen Akademieatmosphäre.

Getragen werden diese vielfältigen Erfahrungen jedes Jahr durch ein Motto. Es begleitet uns durch die Akademie und regt immer wieder zum Nachdenken und Reflektieren, aber auch zum Hervorheben von besonders witzigen und bemerkenswerten Momenten an. In diesem Jahr stand die Akademie unter dem Motto „Brücken“.

Hier in Adelsheim bauten wir zahlreiche Brücken: Zum einen bauten die Kurse Brücken zu neuem Wissen, und manchmal wurden Eselsbrücken gefunden, um sich neu Gelerntes besser zu merken. Besonders wichtig waren aber auch die neu entstandenen Brücken zwischen den Teilnehmern, die Freundschaften, die oft weit über die Akademiezeit hinaus Bestand haben.



Wir haben jedoch nicht nur im symbolischen Sinne Brücken gebaut: Was genau die Akademie sein würde, das konntet ihr als Teilnehmer vor ihrem Beginn nicht wissen. Verdeutlicht wurde das durch eine große Plakatwand mit einem Abgrund, der zwischen zwei Ufern – dem Eröffnungs- und dem Doku-Wochenende – lag. Durch eure mitgebrachten Stärken, neu entdeckten Talente und gemeinsamen Akademie-Erlebnisse, die ihr fleißig auf Zetteln notiert habt, standen uns solide Bausteine für eine Akademiebrücke zur Verfügung.

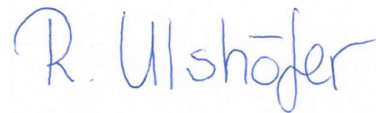
Diese hat uns bis zum Doku-Wochenende geführt, bei dem ihr eure wissenschaftlichen Erkenntnisse und all das, was die Akademie sonst noch ausgemacht hat, in Form dieser Dokumentation auf Papier festgehalten habt.

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

Eure/Ihre Akademieleitung



Anna Kandziora (Assistenz)



Rebecca Ulshöfer (Assistenz)



Jörg Richter



Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – ASTRONOMIE	7
KURS 2 – CHEMIE	29
KURS 3 – GERMANISTIK	45
KURS 4 – INFORMATIK	67
KURS 5 – PHYSIK	83
KURS 6 – THEOPRAX	101
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	119
DANKSAGUNG	137

Kurs 5: Mit dem Fahrrad die Physik er-fahren



Unser Kurs

Anne behielt stets den Überblick. Sie sah immer das Positive in den Messfehlern und ließ den Kopf nie hängen. Als Sportass war sie beim Sportfest ein essentieller Bestandteil des Kurses und animierte uns zu Höchstleistungen.

Carla schaffte es immer, Bewegung in die Gespräche zu bringen. Ihre zahlreichen Ideen teilte sie sehr gerne mit den anderen Kursteilnehmern. Selbst von Problemen beim Auswerten von Messungen ließ sie sich nicht unterkriegen und war immer mit Elan dabei.

Jonas stellte sich als Allrounder heraus, egal ob beim Liegeradfahren oder beim Auswerten der Messungen. Jonas war der Experimentprofi, er arbeitete immer exakt nach Planung. Er meckerte nicht, sondern kritisierte sachlich.

Julio übernahm meistens federführend die Rolle des Versuchskaninchens. Auch bei der Analyse war er nicht wegzudenken, und von seinem sportlichen Talent profitierte der gesamte Kurs.

Kevin, unser „Captain Kev“, lockerte die Atmosphäre im Kurs durch seine lustige Art auf und übertrug seine gute Laune auf den gesamten Kurs. Beim Sportfest nahm er das Zepter in die Hand und zeigte Verantwortung als Kapitän.

Naila stand jedem mit ihrer hilfsbereiten Art zur Seite. Nach ihrem kleinen Unfall war sie, nicht ganz freiwillig, unzertrennbar mit ihren Krücken verbunden und umso mehr für jeden Spaß zu haben.

Martin war stets charmant und hatte immer einen passenden Spruch auf Lager. Besonders zeichnete er sich für sein Interesse am

selbstgebauten E-Bike und an sportlichen Aktivitäten aus.

Silas, der Fahrradexperte, zeigte nicht nur im Kurs, sondern auch bei der Theater-KüA als Hauptrolle viel Engagement und war immer mit Freude am Arbeiten. Als einziger Akademieteilnehmer nahm er das Kursthema besonders ernst und reiste die 140 km mit dem Fahrrad an.

Thaddäus, unser Organisator. Er regelte die Gruppenarbeit erstklassig und war in der Planung der Versuche immer einen Schritt voraus. Mit seiner unermüdlich positiven Art war er eine Stütze für den gesamten Kurs.

Tim Je, auch Karl-Heinz Müller-Meyer genannt, glänzte durch seine hilfsbereite Ader. Er hatte immer eine Lösung für Computerprobleme. Der Perfektionist war im Physikurs herzlich willkommen. Um es kurz zu fassen: Aktiv – Innovativ – Lebensfroh.

Tim Ju, der Profi für alle technischen Dinge. Mit seinem enormen Fachwissen verhalf er oftmals zu den Lösungswegen der Probleme und beschäftigte sich liebend gern mit PowerPoint-Animationen.

Rebecca motivierte uns mit ihrer lustigen Art bei unseren Versuchen und sorgte stets für gute Laune. Sie war für jeden Spaß zu haben, und mit ihrer offenen und lebenswerten Art stärkte sie den Zusammenhalt der Gruppe.

Jenny war die beste Schülermentorin, die es je gab. Sie war unsere persönliche Paparazza und sorgte für eine tolle Atmosphäre. Außerdem hatte sie immer ein offenes Ohr und stand uns mit ihrer liebevollen Art zur Seite.

Nico war voller Begeisterung für unsere Zwei- und Dreiräder und übertrug diese auf den ganzen Kurs. Nebenbei versuchte er sich zu klonen, um immer alle Probleme gleichzeitig lösen zu können.

Jochen, das Lexikon auf zwei Beinen. Er übermittelte uns sein enormes Fachwissen mit viel Freude. Mit Spaß erklärte er uns die Theorie und behielt immer den Gesamtüberblick.

Theorie

CARLA SCHNEIDER, TIM JUNGINGER

Fahrradfahren – das kann doch jeder. Aber warum kippen wir nicht um, oder wie fährt man am effizientesten? Wenn man genau hinschaut, wirken viele Kräfte. Doch wo ist physikalisch gesehen der genaue Unterschied beim Bremsen, Beschleunigen oder Kurvenfahren, und was ist überhaupt Kraft? Wie man sieht, kann man ohne Theorie nicht richtig forschen. Deshalb begannen wir bereits am Eröffnungswochenende damit, sodass wir dann im Sommer unsere Versuche auch verstehen konnten.

Unsere wichtigste Formel

Kraft ist die Ursache einer Bewegungsänderung, das bedeutet: Der Impuls eines Körpers muss sich ändern. Bei konstant bleibender Masse bedeutet dies, die Geschwindigkeit muss sich ändern. Und damit ergibt sich die Newtonsche Definition von Masse mal Beschleunigung.

$$F = \dot{p} = (\dot{m} \cdot v) = m \cdot \dot{v} = m \cdot a$$

(bei $m = \text{konst.}$)

Da beim Fahrradfahren viele Kräfte wirken, war diese Formel unser ständiger Begleiter. Doch um sie überhaupt begreifen zu können, musste zuerst die Differentialrechnung eingeführt werden.

Differentialrechnung

Die Differentialrechnung reicht tief in die Geschichte der Naturwissenschaften zurück. Bereits ab dem 17. Jahrhundert beschäftigte man sich mit dem sogenannten Tangentenproblem, eine Tangente durch ihre Sekante anzunähern. Während Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) das Problem geometrisch anging, suchte Isaac Newton (1642–1726) einen physikalischen Zugang über die Momentangeschwindigkeit. Heutzutage gelten beide Methoden als unabhängige Entwicklungen, wobei die Leibniz-Methode sich mit einer eleganteren Schreibweise durchsetzte. Letztendlich beschreibt die Differentialrechnung das Änderungsverhalten einer Größe in Abhängigkeit von einer anderen.

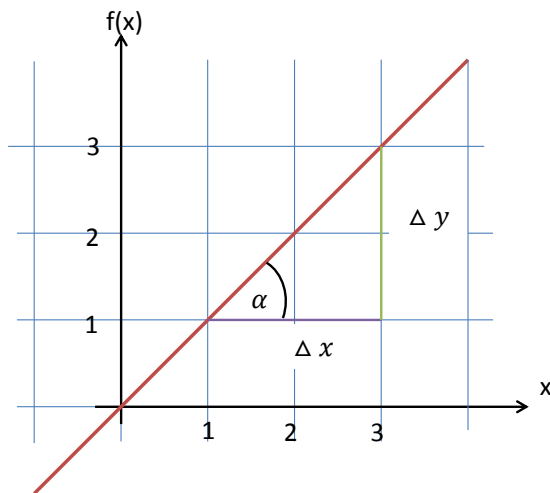


Schaubild einer linearen Funktion

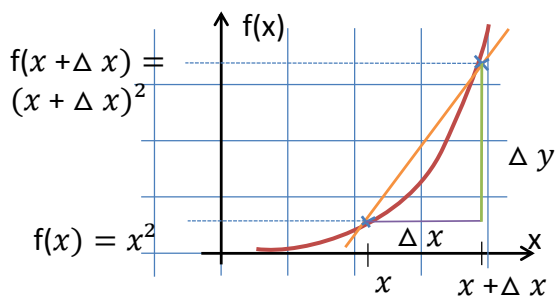


Schaubild einer quadratischen Funktion

Mit der Differentialrechnung ist auch die Ableitung eng verbunden, welche z. B. im Weiteren bei Beschleunigungsversuchen eine Rolle spielt. Die Steigung einer linearen Funktion $y = mx + c$ ist konstant. Die Steigung m lässt sich auch beschreiben als $\tan \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$, was gut zu erkennen ist, wenn man ein Steigungsdreieck an die Gerade zeichnet.

Doch wie machen wir das mit der Parabel, dem Schaubild der quadratischen Funktion mit dem Term $f(x) = ax^2$?

Denn hier ist die Steigung nicht konstant, sondern von der Stelle x abhängig. Um das zu berechnen, ist die Differentialrechnung nötig. Kurz gesagt bestimmen wir mit ihrer Hilfe die Steigung der Tangente an der Parabel an der jeweiligen Stelle x . Dafür legt man zunächst eine Sekante (lat. secare = schneiden) durch den Graphen, den sie zweimal schneidet. Die

Steigung der Sekante ist:

$$m_s = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (1)$$

Lässt man Δx gegen null gehen, folgt Δy dementsprechend, d. h. die beiden Sekanten-Schnittpunkte werden zu einem Tangenten-Berührungspunkt (lat. tangere = berühren). Doch wenn man das nun in der Gleichung betrachtet, taucht ein Problem auf: Es ist nicht erlaubt, durch 0 zu dividieren!

Setzt man $f(x) = a \cdot x^2$ in (1) ein, erhält man:

$$m_s = \frac{a \cdot (x + \Delta x)^2 - a \cdot x^2}{\Delta x} \quad (2)$$

Es folgt

$$m_s = \frac{a \cdot (x^2 + 2x \cdot \Delta x + \Delta x^2 - x^2)}{\Delta x}$$

und

$$m_s = \frac{a \cdot \Delta x (2x + \Delta x)}{\Delta x},$$

jetzt lässt sich Δx noch wegekürzen, sodass sich

$$m_s = a \cdot (2x + \Delta x)$$

ergibt.

Jetzt lässt man Δx gegen null gehen. Mathematisch schreibt man:

$$m_t(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} a \cdot (2x + \Delta x) = 2a \cdot x.$$

Zu der Ausgangsfunktion $f(x) = ax^2$ hat man nun eine neue Funktion gefunden, die die Steigung an der Stelle x beschreibt. Dies ist die 1. Ableitung:

$$f'(x) = 2a \cdot x$$

Die 2. Ableitung, die die Steigung von f' beschreibt, ist dann

$$f''(x) = 2a.$$

Anwendung

Ein anschauliches Beispiel aus dem Alltag ist die Durchschnittsgeschwindigkeit, denn diese

wird aus augenblicklichen Momentgeschwindigkeiten und der Dauer errechnet.

Hier ein Beispiel der Differentialrechnung auf Bewegungsvorgänge. Die Legende ist im Folgenden aufgeführt: s ist die Strecke (in m), a die Beschleunigung (in m/s^2), t die Zeit (in s), v_0 die Anfangsgeschwindigkeit (in m/s) und s_0 der Anfangsweg (in m).

$$s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

(Weg-Zeit-Gesetz)

$$\dot{s}(t) = v(t) = a \cdot t + v_0$$

(Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz)

$$\dot{s}(t) = \dot{v}(t) = a(t) = a \quad (a \text{ konstant})$$

(Beschleunigung-Zeit-Gesetz).

Fährt man nun aus dem Stillstand und ohne Anfangsweg los, so vereinfacht sich die Formel auf $v = a \cdot t$

Energie

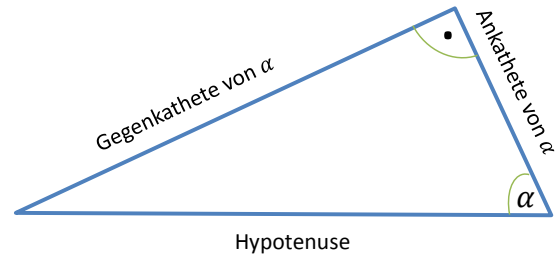
Die allgemeine Energie wird mit $W = F \cdot s$ in Joule angegeben. Die Leistung ist definiert als Energie pro bestimmte Zeiteinheit, was in Formelsprache folgendermaßen aussieht: $P = \frac{W}{t}$. Die Lageenergie, welche fachsprachlich potentielle Energie heißt, setzt sich zusammen aus:

$$W_{\text{pot.}} = m \cdot g \cdot h.$$

Die kinetische Energie, auch Bewegungsenergie genannt, lässt sich mit folgender Formel bestimmen:

$$W_{\text{kin.}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2.$$

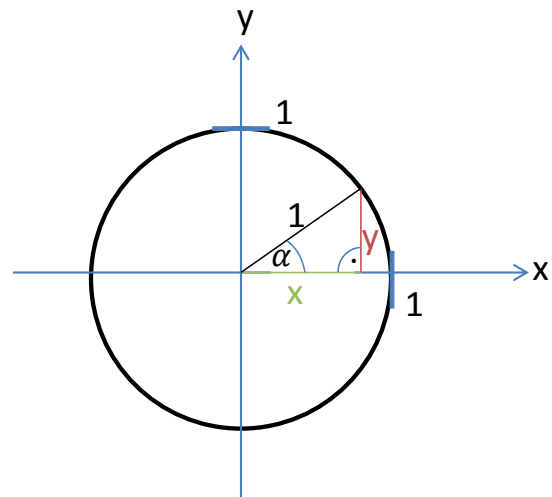
Beide werden, wie alle Energieformen, in Joule angegeben. Dazu noch eine kurze Betrachtung der Einheiten: Energie ist, wie in der ersten Formel zu sehen, Masse mal Beschleunigung mal Strecke und in Einheiten geschrieben: $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$.



Rechtwinkliges Dreieck

Trigonometrie

Um die Hangabtriebskraft, welche bei unseren Versuchen mit der Rampe und den Rollversuchen auf einer schiefen Ebene eine Rolle spielte, berechnen zu können, benötigten wir eine Einführung beziehungsweise Vertiefung der Trigonometrie.



Einheitskreis

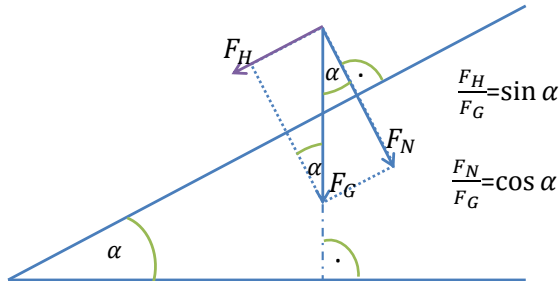
Zur geometrischen Veranschaulichung benutzen wir den Einheitskreis, dessen Umfang 2π beträgt. Definiert ist der Sinus eines Winkels in einem rechtwinkligen Dreieck als das Verhältnis von Gegenkathete zu Hypotenuse. Im Einheitskreis lässt sich das auch beschrieben als $\sin \alpha = \frac{y}{1}$. Der Cosinus dementsprechend als Ankathete durch Hypotenuse oder eben auch $\cos \alpha = \frac{x}{1}$.

Der $\tan \alpha$, den wir ja schon als Steigungsfaktor der linearen Funktion kennen, lässt sich auch so ausdrücken: $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$, also die Gegenkathete durch die Ankathete.

Da für den Winkel von 45° Sinus- und Cosinus-

werte gleich sind, ergibt $\tan(45^\circ) = 1$.

Nun aber zur Hangabtriebskraft



Hangabtriebskraft

Es wirken einmal die Normalkraft (F_N) orthogonal zur Schrägen und die Gewichtskraft (F_G). Der eigentliche Winkel α , der Hangneigungswinkel, lässt sich auch auf das Kräfteparallelogramm übertragen. Wenn wir nun die oben gelernte Trigonometrie einsetzen, dann lassen sich zu den Definitionen der Kräfte noch Verhältnisse ergänzen, sodass sich ergibt:

$$F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_G = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Winkelgeschwindigkeit

Die allgemeine Formel zum Berechnen der Geschwindigkeit lautet $v = \frac{s}{t}$. Das Formelzeichen der Winkelgeschwindigkeit ist ω (ein kleines Omega). Somit lässt sich die Geschwindigkeitsformel folgendermaßen umstellen: $\omega = \frac{\varphi}{t}$. Das Bogenmaß φ könnte in einem Beispiel 2π ($\hat{=}$ 360°) haben. Für eine volle Umlaufzeit ersetzt man das t durch T , und es ergibt sich die Formel: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ mit der Einheit $\frac{1}{s}$ bzw. s^{-1} . Um die Umlaufgeschwindigkeit zu bekommen, erweitert man diese Formel nun mit r , denn $U_{\text{Kreis}} = 2\pi \cdot r$. Somit ergibt sich: $\omega = \frac{2\pi \cdot r}{T \cdot r} = \frac{v}{r}$. Stellt man die Formel jetzt noch um, erhält man die Umlaufgeschwindigkeit bei einem beliebigen Radius: $v = \omega \cdot r$

Beschleunigung

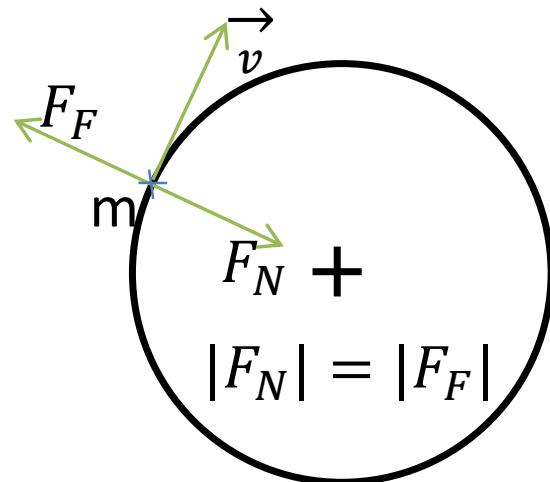
Die Beschleunigung a ist eine Vektorgröße der Physik, was bedeutet, dass sie eine Richtung

hat. Berechnet wird sie als Geschwindigkeitsdifferenz durch die Zeitdifferenz, also $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, und die Einheit ist m/s^2 .

Das Weg-Zeit-Gesetz, welches in der Anwendung der Differentialrechnung genauer erklärt wurde, und die Ableitungen sind hier wichtig. Man nimmt das Beschleunigung-Zeit-Gesetz $v = a \cdot t$, welches, nach der Zeit umgeformt, folgendermaßen aussieht: $t = \frac{v}{a}$. Wenn beim Weg-Zeit-Gesetz die Anfangsgeschwindigkeit v_0 und der Anfangsweg s_0 beide null sind, lautet es vereinfacht $s = \frac{1}{2} a t^2$. Setzt man die Strecke nun in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und der Beschleunigung, sieht die Gleichung so aus: $s(v, a) = \frac{\frac{1}{2} \cdot a \cdot v^2}{a^2}$. Gekürzt ist das dann: $s(v, a) = \frac{v^2}{2a}$

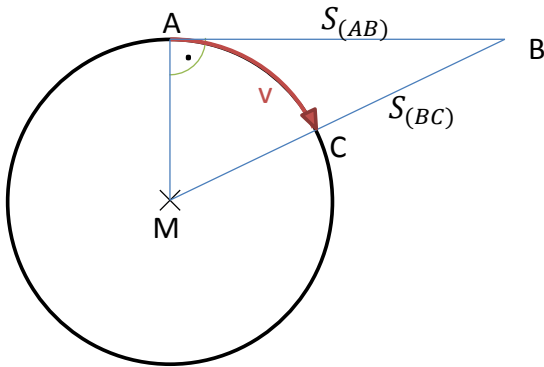
Hier erkennt man, dass beim Bremsvorgang mit konstanter „Bremsbeschleunigung“ der Bremsweg vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängt.

Kurvenfahren



Bei einer gleichförmigen Drehbewegung erfährt nach dem Trägheitsgesetz die konstante Geschwindigkeit $\vec{v}$ eine Richtungsänderung durch die Normalkraft $\vec{F}_N$, die senkrecht zur Bewegungsrichtung, also zum Kreismittelpunkt, zeigt. Sie wird Zentral-, Zentripetal- oder auch Radialkraft genannt. Der ruhende Beobachter sieht $\vec{F}_N$. Der bewegte Radfahrer erfährt (spürt) die Fliehkraft $\vec{F}_F = -\vec{F}_N$. Dieses Nachaußenziehen will der Fahrer ausgleichen, er will sich

also $\vec{F}_N$ verschaffen. Das macht er, indem er sich ganz instinktiv in die Kurve legt. Doch nach einigen Versuchen fiel uns auch noch auf, dass man vor der eigentlichen Kurve noch eine kleine Gegenkurve fährt, damit man sich überhaupt in die Kurve legen kann. Wie wir dann herausfanden, verursacht das Gegenlenken das Drehmoment und damit die Neigung.



Das Beispiel dient zur Verdeutlichung was ein Radfahrer spürt, wenn er eine Kurve fährt. Ein Radfahrer fährt die zwei Geraden, möchte aber gleichzeitig mit dem roten Kurvenradfahrer an Punkt C ankommen, welcher die Kurve fährt. Die Strecke $|AB|$ lässt sich mit der Formel $s = v \cdot t$ berechnen, wohingegen man für die Strecke $|BC|$ die Formel $s = \frac{1}{2}at^2$ nimmt, da es sich um eine beschleunigte Bewegung zum Kreismittelpunkt hin handelt. Betrachtet man es nun von der geometrischen Seite, lässt sich der Satz des Pythagoras folgendermaßen anwenden: $|AB|^2 + r^2 = (r + |BC|)^2$. Setzt man nun die Formeln für die Strecken ein und wendet die binomischen Formeln an, kommt man zu folgendem Ergebnis: $v^2 t^2 t r^2 = r^2 + a \cdot r t^2 + \frac{1}{4} a^2 t^4$.

Für sehr kleine Zeitintervalle wird der Term mit t^4 winzig, Hätte man zum Beispiel $t=0,1$ s, dann wären das bei t^4 0,0001, und deshalb lassen wir es weg. Nun erhält man $v^2 t^2 = a \cdot r t^2$, also gekürzt $v^2 = a \cdot r$. Stellt man die Gleichung um, erhält man die Radialbeschleunigung, also zum (Kreis-)Mittelpunkt hin, $a = \frac{v^2}{r}$. Jetzt lässt sich auch erklären, dass der Fahrer $F_F = \frac{mv^2}{r}$ spürt und der Beobachter $F_N = \frac{mv^2}{r}$ sieht. Umgeformt ist die Normalkraft $F_N = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r^2}{r}$. Die Werte sind abhängig von Radius, Masse und Geschwindigkeit.

Kurvenfahrt mit einem Trike

Da ein Trike drei anstatt zwei Räder hat, kann man sich nicht nach innen neigen. Somit wirken die Kräfte stärker auf den Körper, was wir bei Versuchen selbst spürten. Auch besteht eine höhere Gefahr umzukippen, was wir teilweise am eigenen Leib erfahren.

Nachdem jetzt die Grundlagen in der Theorie geklärt sind, ging es an die praktische Anwendung. Viel Spaß bei den Versuchen!

Die Reifendruck-Versuche

TIM JEGLORTZ

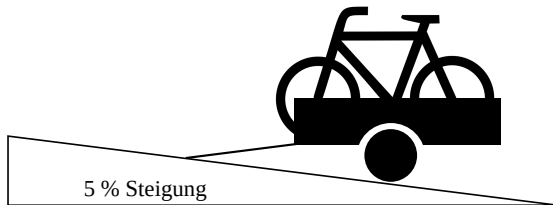
Eine der vielen Fragestellungen, die wir während der Akademie behandelten, war, wie sich der Reifendruck eines Fahrrads auf das Rollverhalten auswirkt. Das heißt, wie weit das Fahrrad ohne weitere Energiezufuhr durch den Fahrer rollt.

Der erste Versuch

Die Durchführung

Um unseren Versuch durchzuführen, benutzten wir einen Auto-Anhänger, von dem aus wir mit dem Fahrrad starteten. Zuvor pumpten wir die Reifen auf einen Druck von 4,5 bar auf. Ohne dass der Fahrer in die Pedale trat, rollte das Fahrrad eine Rampe herunter, an dessen Ende es eine Geschwindigkeit von circa 2,24 m/s (8 km/h) hatte. Das Fahrrad blieb nach ein paar Metern stehen, da wir die Auffahrtsstraße des Eckenberggymnasiums hochrollten, die eine von uns ermittelte Steigung von 5 % hat. Die Hangabtriebskraft verursachte eine konstante Abbremsung.

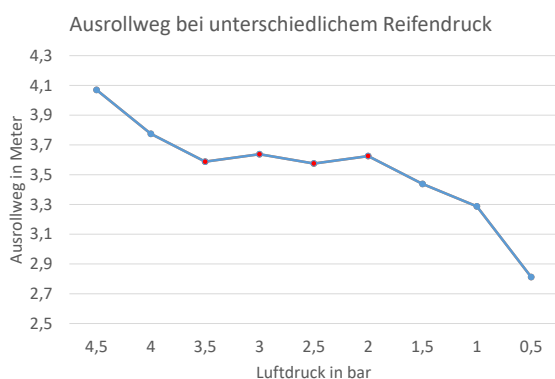
Sobald das Rad nicht mehr rollte, wurde der Ausrollweg festgestellt und zwei bis drei weitere Versuche mit demselben Luftdruck durchgeführt, um Messfehler zu kompensieren. Dann senkten wir den Reifendruck um 0,5 bar und wiederholten den Versuch. Das machten wir solange, bis wir bei einem Luftdruck von 0,5 bar angelangt waren. Zu jeder Messung machten wir ein Video.



Vereinfachtes Modell und echter Versuch im Vergleich

Die Auswertung

Nach dem Versuch trugen wir die Messergebnisse in eine Excel-Tabelle ein und erstellten ein Diagramm. Außerdem werteten wir die gemachten Aufnahmen per Videoanalyse aus. Die Ergebnisse, die uns das Diagramm lieferte, überraschten uns im ersten Moment, da nicht, wie erwartet, eine Gerade zu sehen war. Stattdessen stieg der Ausrollweg zwischen 0,5 und 1,5 bar an, blieb jedoch zwischen 2 und 3,5 bar fast konstant. Zwischen 3,5 und 4,5 bar stieg er wieder, wie auch im Diagramm zu sehen.



Die Ergebnisse des ersten Versuchs

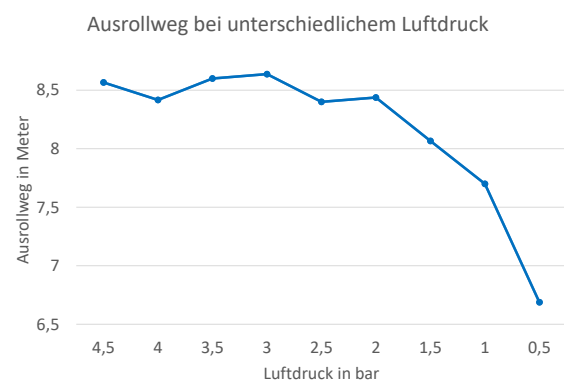
Dafür konnten wir zuerst keine physikalische Erklärung finden. Doch wir sahen an den Empfehlungen des Reifenherstellers, dass man den

Reifen mit einem Druck zwischen 2,5 und 4,5 bar fahren sollte. Wahrscheinlich hat auch dieser dazu Versuche durchgeführt und festgestellt, dass das Rad bei unter 2,5 bar kein effizientes Fahrverhalten mehr aufweist.

Der zweite Versuch

Die Durchführung und Auswertung

Um die Ergebnisse zu überprüfen, starteten wir einen zweiten Versuch aus größerer Höhe. Dazu starteten wir nicht von der Ladefläche des Anhängers, sondern 35 cm höher von einer Holzplatte, die auf den Anhängerwänden lag. Wie im unteren Diagramm zu sehen, lieferte auch dieser Versuch beinahe dieselben Ergebnisse.



Die Ergebnisse des zweiten Versuchs

Unsere Bewertung der Ergebnisse

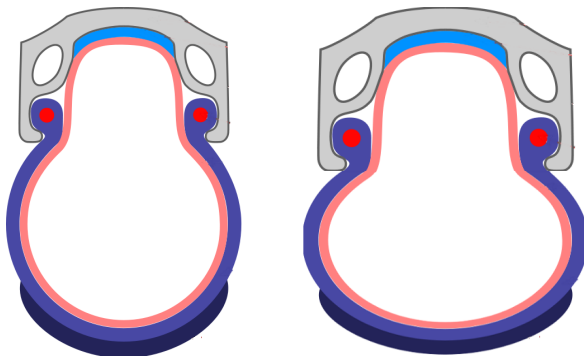
Bei unserer Exkursion zu HPVelotechnik fanden wir zudem noch eine Erklärung für den kurzen Ausrollweg bei niedrigem Luftdruck: das sogenannte „Walken“. Dabei nimmt der Durchmesser des Reifens ab, gleichzeitig wird er aber breiter. Dieser Vorgang benötigt sehr viel Energie, die nicht für eine Vorwärtsbewegung genutzt werden kann, weshalb das Fahrrad nicht so weit rollt. Ein höherer Reifendruck reduziert das Walken.

Zudem schwang der Reifen beim Herunterfahren von der Rampe sehr stark, wodurch zusätzlich Energie beim Start verloren ging. Das ist auch beim täglichen Gebrauch eines Fahrrades festzustellen, wenn man zum Beispiel mit nur

schwach aufgepumpten Reifen einen Bordstein oder ähnliches herunterfährt.



Rot markiert: stark schwingender Reifen kurz nach Verlassen der Rampe



Modell eines walkenden Reifens¹

Versuchsreihe zum Bremsweg

KEVIN HEIN

Uns, den Teilnehmern des Kurses Physik, fielen sofort viele Fragen ein, die sie im Laufe der Akademie bearbeiten wollten. Dabei war es uns und den Leitern wichtig, dass die Fragen von den Schülern selbst kamen. Dabei versuchten wir den Leitsatz: „Mit dem Fahrrad die Physik er-fahren“ zu beachten und haben uns Experimente mit Trikes, Fahrrädern und Liegerädern ausgedacht. Unter anderem wurde auch die Frage, wie die Geschwindigkeit den Bremsweg beeinflusst, untersucht. Im Folgenden werden dieser Versuch genauer erläutert und die Ergebnisse präsentiert.

¹Abbildung: „Bicycle-wheel cross sections“, Wikimedia (Wikimedia-User Deerwood, CC BY-SA, bearbeitet)

Vorgehensweise

Um den Einfluss der Geschwindigkeit auf den Bremsweg zu untersuchen, müssen einige physikalische Faktoren beachtet werden, so zum Beispiel: die Steigung der Teststrecke, das Reifenprofil, der Untergrund, die Bremsen etc. Um möglichst viele Faktoren zu berücksichtigen, entschloss sich die Gruppe, die Testreihe auf einer nahezu geraden Strecke zu vollziehen. Wichtig war hierbei auch der Fakt, dass ein Trike (Fahrrad mit drei Rädern) verwendet wurde, da man bei einem normalen Fahrrad bei einer Vollbremsung zu leicht über den Lenker fliegen würde.

Nachdem die Teststrecke ausgewählt worden war, starteten auch schon die Versuche. Mit Hilfe eines Maßbandes und Videoanalyse versuchten wir, den zurückgelegten Weg bei einer Vollbremsung mit einem Trike bei 5 km/h, 10 km/h, 15 km/h, 20 km/h und 25 km/h herauszufinden. Um ein genaueres Ergebnis zu erhalten, wurden mehrere Messungen gemacht.



Trike, mit dem einige unserer Versuche durchgeführt wurden

Versuche

Erster Versuch

Nachdem erste Versuche ausgeführt worden waren, war klar: Der kiesige Untergrund war nicht geeignet, denn das Trike rutschte häufig aus und verfälschte somit die Messergebnisse. Wir vermuteten, dass die Bremsen nicht richtig eingestellt waren. Außerdem hatte das Fahrrad eine Hinterradbremse, die das Rutschen begünstigte. So wurden die Messergebnisse ma-

nipuliert und die entstandenen Graphen entsprachen nicht der Theorie, dass der Bremsweg einer quadratischen Funktion entsprechen muss.

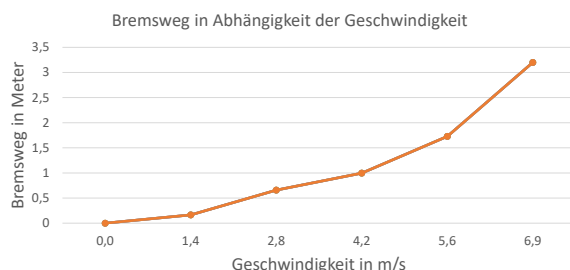
Zweiter Versuch

Wir wollten aber unbedingt korrekte Ergebnisse haben und entschlossen uns, eine zweite Versuchsreihe zu starten. Dieses Mal mit einem moderneren Trike, das statt einer Hinterradbremse und einer Vorderradbremse zwei Vorderradbremmen besaß. Außerdem wurde das Trike neu von HPVelotechnik geliefert, und die Bremsen waren besser eingestellt. Die Versuche wurden dieses Mal auf einer asphaltierten Oberfläche durchgeführt, um zu gewährleisten, dass das Trike in der Spur bleibt.

Ergebnisse

Die Videoanalyse hatte uns den Bremsweg in Abhängigkeit der Geschwindigkeit geliefert, und wir rechneten mit den aufgeschriebenen Werten nach. Allerdings machten wir mehrere Messungen, um Messfehler durch eine ungenaue Vollbremsung auszuschließen.

Im folgenden Diagramm ist auf der y-Achse der Bremsweg in Meter und auf der x-Achse die Geschwindigkeit in Meter pro Sekunde abgebildet.



Wie man erkennt, ist das Schaubild kein Graph einer linearen Funktion, sondern der einer quadratischen. Dies erwarten wir auch nach der Formel $s = \frac{v^2}{2a}$: Mit zunehmender Geschwindigkeit erhöht sich auch der Bremsweg, und zwar quadratisch.

Allerdings sind die Ergebnisse auch von einigen weiteren Faktoren wie z. B. der Reaktionszeit

des Fahrers, dem Untergrund und dem Reifendruck abhängig.

Hat eine höhere Last auf dem Fahrrad einen Einfluss auf die Beschleunigung des Fahrrads?

REBECCA HILD, ANNE K. KESSLER

Wir stellten uns die Frage, ob eine größere Last auf dem Fahrrad die negative und positive Beschleunigung beeinflusst. Um diese Frage beantworten zu können, wollten wir Messungen durchführen. Dafür planten wir Versuche und führten sie anschließend zusammen durch. Wir werteten die Versuche aus und erklärten anhand von Formeln die Ergebnisse.

Versuch 1

Wir hatten eine Messstrecke von 50 m festgelegt und überfuhren die Startlinie mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 20 km/h. Wir ließen das Fahrrad die Messstrecke ausrollen und stoppten die Zeit, die das Fahrrad für diese Strecke benötigt hatte. Um der Frage mit der zusätzlichen Last nachzukommen, füllten wir in 5 Säcke jeweils 5 kg Sand und hängten einen Sack nach jeder Fahrt zusätzlich ans Fahrrad, um eine größere Last zu simulieren. Die letzte Fahrt hatte dann 25 kg mehr Masse als die erste Fahrt.

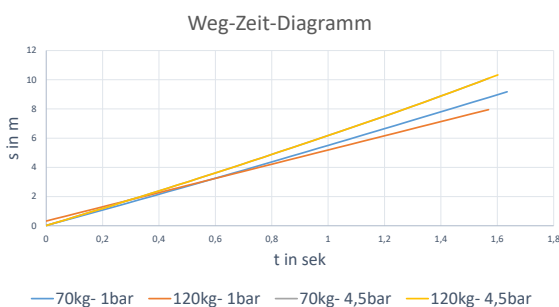
Laut unseren Messungen kamen wir nicht zu einer Beeinflussung durch die Last, da die Messzeiten sich kaum unterschieden; mit großer Wahrscheinlichkeit lag das an folgenden Messfehlern: Zum einen konnten wir die Startgeschwindigkeit nicht genau bestimmen, da durch die Messung mit dem Tacho immer erst nach einer Radumdrehung die Geschwindigkeit aktualisiert werden konnte. Außerdem gab es einige Störfaktoren beim Messen mit der Stoppuhr. Wir sind uns zudem auch nicht sicher, ob die Steigerung der Last um 25 kg eine erhebliche Rolle spielt.

Durch diese nicht unerheblichen Messfehler gaben wir uns nicht mit dem Ergebnis zufrieden und starteten einen neuen Versuch.

Versuch 2

Wir starteten aus dem Stillstand auf einer Straße mit 5 % Gefälle und fuhren 25 m zu unserer 10 m langen Messstrecke an, um eine gewisse Geschwindigkeit zu haben. Wieder wurde die Zeit gemessen, die beim Durchfahren der 10 m benötigt wurde. Wir erhöhten auch hier die Last um 25 kg und einmal um 50 kg (Rebecca), sodass wir eine größere Differenz zwischen der ersten und der letzten Fahrt hatten. Zusätzlich wollten wir die Ergebnisse mit anderen Ergebnissen vergleichen, bei denen das Fahrrad statt 4,5 bar Luftdruck nur 1 bar Luftdruck in den Reifen hat. Unsere Theorie dazu war, dass es einen größeren Unterschied zwischen den zwei Gewichtsextremen geben müsste, da der „Reifenlatsch“ (Auflagefläche des Reifens auf der Straße) bei höherem Gewicht größer ist und damit mehr Rollwiderstand entsteht.

Zum Auswerten benutzten wir ein Videoanalyseprogramm namens Tracker, was die Geschwindigkeit berechnete.

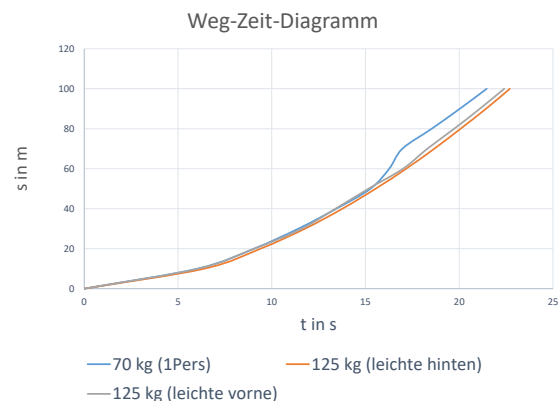


In diesem Weg-Zeit-Diagramm sieht man in rot und grün den Graphen von 120 kg bzw. 70 kg Last mit einem Reifendruck von 4,5 bar. Der grüne Graph ist so gut wie nicht sichtbar in diesem Diagramm, d. h. bei hohem Luftdruck spielt die Last keine große Rolle. Zwischen dem blauen und dem gelben Graphen, hier hat der Reifen nur einen Druck von 1 bar, ist ein Unterschied erkennbar. Mit weniger Gewicht kommt man in gleicher Zeit weiter als mit 50 kg mehr. Außerdem sieht man, dass mit höherem Reifendruck der Graph ebenfalls steiler ist. Ein steilerer Graph bedeutet, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit höher ist. Alle vier Graphen in diesem Diagramm sehen nahezu linear aus, sollten aber laut den uns erlernten physikalischen Gesetzen quadratisch

sein. Der Widerspruch liegt vermutlich an der sehr kurzen Messstrecke, die in gerade einmal 1,5 s durchfahren wird. Deshalb starteten wir einen dritten Versuch mit einer deutlich längeren Messstrecke.

Versuch 3

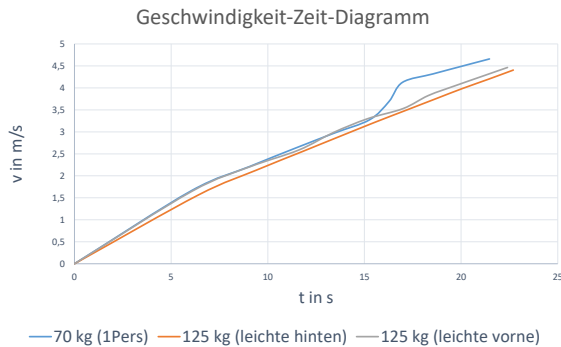
Auf derselben Strecke mit ebenfalls 5 % Gefälle hatten wir eine Messstrecke von diesmal 100 m mit 10 Messpunkten festgelegt und starteten aus dem Stillstand. Wir fuhren drei Mal, beim ersten Mal ist nur der Fahrer mit dem Fahrrad gefahren (70 kg) und beim zweiten und dritten Mal saß hinter dem Fahrer auf dem Gepäckträger noch eine weitere Person (insgesamt 125 kg), um mehr Gewicht auf das Fahrrad zu laden. Mit einer Kamera, die am Lenker befestigt war, wurde aufgenommen, wann das Vorderrad einen Messpunkt überfahren hat. Ausgewertet haben wir das Ganze mit Microsoft Excel.



In diesem Weg-Zeit-Diagramm sieht man einen quadratischen Verlauf der Graphen, der mit der Formel $s(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2$ beschrieben wird. Sichtbar ist hier wiederum, dass die Fahrt mit dem geringeren Gewicht schneller vorbei ist als die Fahrten mit höherem Gewicht. Keinen Unterschied gibt es jedoch, wenn das Gewicht verschieden auf Vorder-/Hinterachse verteilt wird. Den Knick des gelben Graphen (70 kg) konnten wir uns nur durch Unebenheiten der Straße oder ähnliche Messfehler erklären.

Aus diesem Weg-Zeit-Diagramm wurde das Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm berechnet.

Diese Graphen verlaufen nahezu linear, was sich auch aus der Ableitung der vorherigen Funktion $v(t) = \dot{s}(t) = a \cdot t$ erschließt. Der



Knick aus dem vorherigen Diagramm hat sich in diesem vergrößert, da mit den damit verbundenen Fehlerdaten weitergerechnet wurde. Sichtbar ist hier allerdings auch, dass man mit einem geringeren Gewicht eine höhere Geschwindigkeit erreicht.

Unser Fazit aus diesen Versuchen ist, dass sich die größere Masse nur auf die Reibungskräfte auswirkt – die Beschleunigung, die von der Hangabtriebskraft verursacht wird, ist unabhängig von der Masse.

Kurven fahren

MARTIN WIENS

Mit dem Fahrrad die Physik erfahren, ohne sich mit Kurvenfahrten zu beschäftigen, ist nahezu unmöglich.

Somit war eine unserer Fragestellungen, wie Kurven fahren beim Fahrrad eigentlich funktioniert.

Versuche

Zunächst mussten wir uns überlegen, wie wir den Versuch überhaupt aufbauen, um das Prinzip hinter dem Kurvenfahren zu verstehen. Wir einigten uns darauf, die Kurve von vorne mit einer Kamera zu filmen und später auf dem PC mit einem Videoauswertungsprogramm auszuwerten. In diesem Versuch wollten wir verschiedene Arten von Kurvenfahrten testen. Als Erstes analysierten wir die Kurve, die intuitiv von uns gefahren wird. Sie diente als Vergleichswert zu den anderen. Danach fuhren wir eine Kurve mit extremer Schräglage des Körpers. Den dritten Versuch führten wir mit einer geraden Kör-

perhaltung durch, sodass sich der Schwerpunkt nicht zum Kurveninneren verlagerte. Durch Analyse von diesen Messungen erhofften wir herauszufinden, inwiefern das System Fahrer-Fahrrad Einfluss auf die Kurvenfahrt nimmt. Zuletzt ein Experiment aus Interesse: eine Kurve freihändig fahren. Jede dieser Kurven haben wir drei Mal gefilmt um ein möglichst optimales Ergebnis für jede von ihnen zu erhalten.

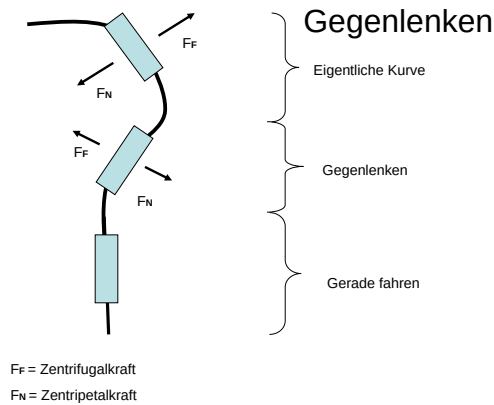
Auswertung

Bei der Auswertung mit unserem Videoauswertungsprogramm (Tracker) haben wir die einzelnen Videos analysiert und einen Messpunkt am Fahrrad festgelegt. Diesen haben wir über die ganze Kurve mit Tracker verfolgt um eine Analyse zu erhalten. Dabei ist uns aufgefallen, dass das sogenannte „Gegenlenken“ und eine Neigung erforderlich sind, um Kurven zu fahren. Diese konnten wir auch physikalisch erklären.

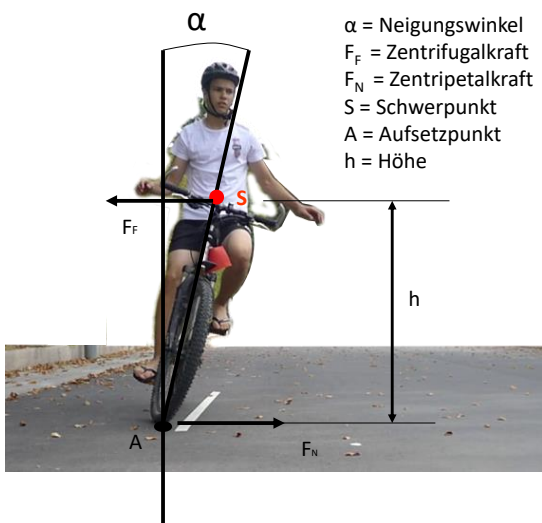
Theorie

Bei der Auswertung war auffällig, dass das Gegenlenken erforderlich war, um eine Kurve einzuleiten. Dies ist mit der Zentrifugalkraft zu erklären. Bei einer Kurve ohne Gegenlenken würde bei Kurvenbeginn die Trägheitskraft bzw. die Zentrifugalkraft den Fahrer nach außen ziehen und er würde umfallen. Diese Trägheit herrscht aber genauso wie bei der eigentlichen Kurve auch beim Gegenlenken (siehe Skizze). Aber anstatt umzufallen, wird die entstehende Zentrifugalkraft genutzt, um geeignet in die eigentliche Kurve einzulenken und somit eine typische Neigung zu schaffen.

Diese Neigung verhindert das Umfallen, indem sie den Schwerpunkt nach innen verschiebt und somit die Zentrifugalkraft ausgleicht (siehe Bild). Die Zentrifugalkraft lässt sich mit der Formel $F_F = \frac{m \cdot v^2}{r}$ berechnen. Daraus schließt sich, dass der Neigungswinkel sich bei höherer Masse und Geschwindigkeit genauso wie bei geringerem Radius vergrößern muss, da die Neigung die jeweils entstehende Kraft ausgleichen muss.



Skizze des Ablaufs der Kurve



Kurvenfahrt mit zugehörigen Kräften und Neigungswinkel

Herzfrequenz

JULIO NÄGELE

Wenn man mit seinem Fahrrad unterwegs ist, will man möglichst unbeschwert und mit so wenig Anstrengung wie möglich vorankommen. Zum optimalen und entspannten Fahrradfahren gehört der richtige Gang.

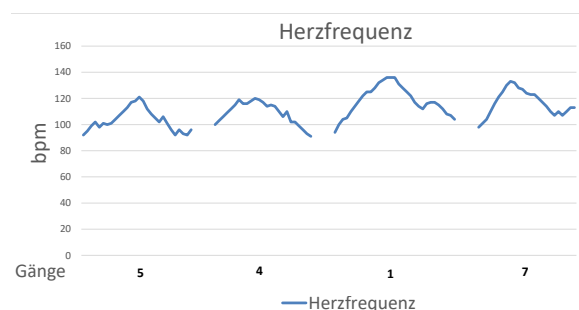
Versuche

Mit der Herzfrequenz lässt sich relativ einfach die Anstrengung zeigen, da bei höherer Anstrengung auch der Puls steigt. Darum wollten wir mit einer 7-Gang-Schaltung herausfinden, bei welcher Steigung und in welchem Gang die Herzfrequenz, und somit die Anstrengung, am

höchsten bzw. am niedrigsten ist. So legten wir uns einen Pulsmesser auf Herzhöhe und fuhren jeweils mit den Gängen 5, 4, 1 und 7 auf einer Strecke mit 0 % und 5 % Steigung 50 Meter bei einer Geschwindigkeit von ca. 15 km/h.

Auswertung

Die unterschiedliche große Anstrengung ist im Diagramm der Herzfrequenz in Form von typischen „Kurven“ repräsentiert. Diese zeigen sich in der unteren Grafik in bpm (= beats per minute). Die einzelnen Messungen bestehen aus dem Ruhepuls, der bei ca. 90 Schlägen pro Minute lag, bis zum höchsten Ausschlag der Kurve und dem Abfallen des Pulses. Bei den Ergebnissen auf der Geraden mit 0 % Steigung (siehe Grafik) ist zu erkennen, dass die am wenigsten anstrengenden Gänge die Gänge 4 und 5 sind. Bei Gang 1 ist die Anstrengung am höchsten (höchster gemessener Puls bei 140 Schlägen pro Minute). Außerdem war es schwer, die Geschwindigkeit von 15 km/h im 1. Gang zu halten.



Erkenntnis

Egal, wie durchtrainiert oder sportlich man ist, die richtige Wahl des Ganges an verschiedenen Steigungen erleichtert das Fahrradfahren. Dazu gehört auch, dass die Trittfrequenz stimmt, denn an nicht besonders steilen Hängen ist die Trittfrequenz im ersten Gang deutlich höher als in größeren Gängen. Eine hohe Trittfrequenz hat eine höhere Herzfrequenz zur Folge. Sie beeinflusst somit sowohl die Anstrengung, als auch den Komfort beim Fahrradfahren.

Die Nabenschaltung

NAILA HOFFMANN, JONAS PATOLLA

Was wäre ein Fahrrad ohne eine Schaltung? Wie sollten wir einen Berg hochkommen, einen Berg runterrollen oder einfach im flachen Land fahren mit nur einem Gang?

Um diese Fragen beantworten zu können, haben wir uns die Schaltung näher angesehen, die unsere begrenzte menschliche Kraft, die wir an das Fahrrad abgeben können, am effizientesten auf das Fahrrad überträgt. Man unterscheidet zwischen zwei großen Schaltungsarten: die Naben- und die Kettenschaltung. Wir haben uns mit der Nabenschaltung ausführlicher beschäftigt, da diese nicht so leicht von außen einsehbar ist wie eine Kettenschaltung. Um also Licht ins Dunkel zu bringen, haben wir eine 3-Gang-Nabenschaltung auseinandergebaut, um uns zuerst einen groben Überblick zu verschaffen.



Erste Kontakte mit einer Nabenschaltung

Die Vorteile dieser Schaltung sind, dass sie im Vergleich zur Kettenschaltung relativ wenig Wartung benötigt, da ihre Mechanik gut geschützt vor Wind und Wetter in einer Nabenhülse lagert. Zum anderen ist es auch möglich, im Stand zu schalten.

Dafür sollte man diese nicht, wie bei der Kettenschaltung, unter voller Tretlast betätigen. Hier hat die Kettenschaltung ihren Vorteil. Sie hat außerdem einen etwas höheren Wirkungsgrad als die Nabenschaltung und ein geringeres Gewicht.

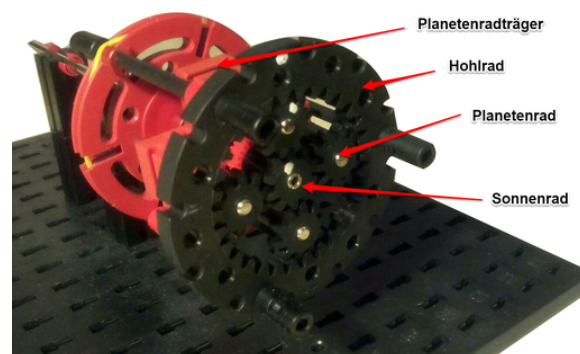
Nun aber zur Nabenschaltung zurück: Sie hat eine besondere Eigenschaft, die Rücktrittbremse. Diese ist im Bremskonus eingebaut. Wir

haben uns damit aber nicht genauer befasst, da sie für die eigentliche Betrachtung der Schaltfunktion nicht relevant ist. Das „Herz“ der Nabenschaltung befindet sich in ihrer Mitte. Hier finden wir das Hohlrad und das Planetenradgetriebe.



Nabenhülse und Innenleben der Schaltung

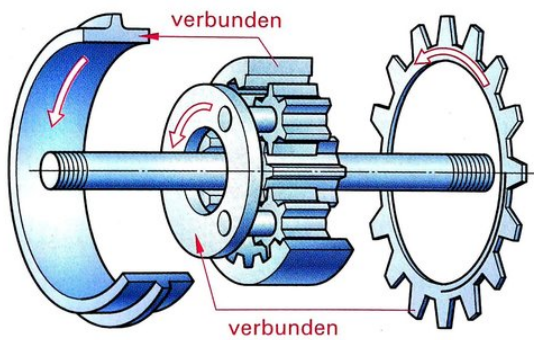
Dieses wollen wir näher betrachten. Im zusammengebauten Zustand drehen sich die Planetenräder im Hohlrad, welches Einkerbungen für die Zähne der Planetenräder besitzt und damit perfekt ineinandergreift. Die Planetenräder drehen sich um das Sonnenrad, welches fest montiert auf einer Welle sitzt, daher auch der Name „Planetenradgetriebe“. Genau hier zwischen Hohlrad und Planetenrädern findet die Übersetzung statt. Naila hatte ein Modell gebaut, bei denen man die Bestandteile sehr gut erkennen kann. Das folgende Bild veranschaulicht diese:



Modell eines Planetenradgetriebes

Schnellgang (3. Gang)

Der Schnellgang ist der größte Gang. Mit ihm kann man am besten bergab fahren, da sich das



Bildquelle: Fachkunde Fahrradtechnik, 6. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Europa-Lehrmittel

Laufrad schneller dreht als das Antriebsritzel der Hinterradnabe.

Beim Schnellgang wird die Kraft von der Kette auf das Antriebsritzel und von dort auf den Planetenträger übertragen. Der Planetenträger leitet die Kraft weiter über das Hohlradsritzel auf die Nabenhülse und das Laufrad. Dadurch entsteht eine Übersetzung. Die Drehzahl des Laufrades ist größer als die Drehzahl des Ritzels.

Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{Übersetzung} &= \frac{n_{\text{Planetenträger}}}{n_{\text{Hohlradsritzel}}} = \frac{n_{\text{Antrieb}}}{n_{\text{Abtrieb}}} \\ &= \frac{3}{4} = 0,75\end{aligned}$$

Eine Übersetzung, die kleiner ist als eins, ist eine Übersetzung ins Schnelle.

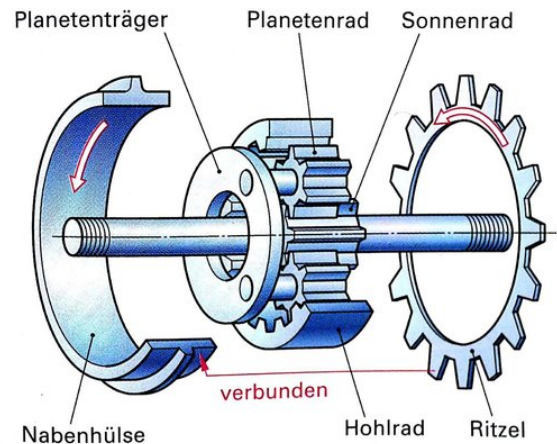
Normalgang (2. Gang)

Der Normalgang ist der zweite Gang einer Dreigangnabe. Er eignet sich besonders gut bei Fahrten auf ebener Strecke.

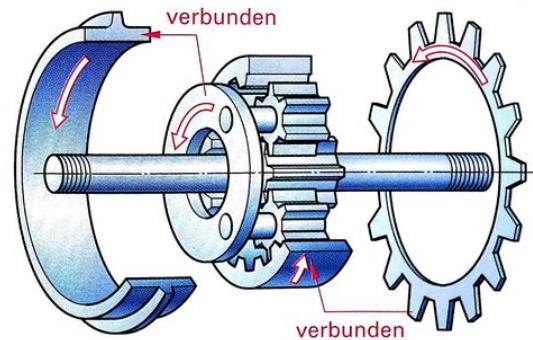
Beim Normalgang wird die Kraft von der Kette auf das Antriebsritzel übertragen und von dort ohne jegliche Übersetzung an das Laufrad weitergegeben. Bei diesem Gang ist die Übersetzung 1:1, das heißt das Antriebsritzel dreht sich genauso schnell wie das Laufrad. Das Planetengetriebe wird komplett ausgelassen.

Berggang (1. Gang)

Wie der Name schon sagt, eignet sich der Berggang am besten, um mit dem Fahrrad Steigungen zu bewältigen.



Bildquelle: Fachkunde Fahrradtechnik, 6. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Europa-Lehrmittel



Bildquelle: Fachkunde Fahrradtechnik, 6. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Europa-Lehrmittel

gen zu bewältigen.

Beim Berggang wird die Kraft über die Kette auf das Antriebsritzel und von dort aus auf das Hohlradsritzel übertragen. Die Kraft wird dann weiter über den Planetenträger auf die Nabenhülse und auf das Laufrad übertragen. Bei diesem Gang ist die Drehzahl des Laufrades kleiner als die Drehzahl des Ritzels.

Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{Übersetzung} &= \frac{n_{\text{Planetenträger}}}{n_{\text{Hohlradsritzel}}} = \frac{n_{\text{Antrieb}}}{n_{\text{Abtrieb}}} \\ &= \frac{4}{3} = 1,33\end{aligned}$$

Eine Übersetzung, die größer ist als eins, ist eine Übersetzung ins Langsame.

Exkursion zu HPVelotechnik

SILAS SCHAIBLE, THADDÄUS
PIEKENBROCK

Montag, 12. September, 8 Uhr Adelsheim. Zwölf junge Physiker stehen an der Bushaltestelle und warten auf den Bus. Schließlich kommt er mit einer viertel Stunde Verspätung. Unsere Exkursion hat begonnen. Nach zwei Stunden Fahrt inklusive Arbeitsblätter lesen und einer privaten Klatsch KüA, kamen wir bei HPVelotechnik, einer Liegeradfirma, an.

Nach einer Treppe, an der es von Auszeichnungen nur so wimmelte, wurden wir von einem der beiden Gründer der Firma HPVelotechnik persönlich empfangen. Wir konnten uns besonders gut in sie hineinversetzen, da Daniel Pulvermüller und Paul Hollants schon in ihrer Schulzeit, also in unserem Alter, ihre ersten mit Muskelkraft betriebenen Gefährte konstruierten.

Der Durchbruch kam mit ihrem „Velomobil“ (ein voll verkleidetes Kabinendreirad, welches dazu diente, auch bei Regen trocken in der Schule anzukommen), mit dem sie 1992 Bundessieger beim Wettbewerb JUTEC des Vereines Deutscher Ingenieure (VDI) wurden. Der Grundstein für eine Entwicklung zu einem der führenden Hersteller von Liegedreirädern Europas war gesetzt. Nach dem sie sich 1993 selbstständig machten, ging es rasch aufwärts. Heute beschäftigt die Liegeradmanufaktur in Kriftel nahe Frankfurt 35 Mitarbeiter und exportiert jährlich ca. 2000 Räder weltweit. Der Firmenname setzt sich aus den beiden Anfangsbuchstaben der Nachnamen beider Firmengründer zusammen und verweist auch auf die englische Bezeichnung der besonderen Fahrräder: Human Powered Vehicles.

Diese Firma durften wir auch umgehend besichtigen und die verschiedenen Stationen, die ein Liegedreirad in der Entwicklung und in der Herstellung durchläuft, anschauen. Daniel Pulvermüller erklärte uns, wie erst ein Prototyp-Rahmen geschweißt, dann in Taiwan in Serie gefertigt wird und dann alle Teile wieder in Frankfurt zusammen montiert werden. Er erklärte uns auch, wie die Trikes überprüft und dann auf ihre Reise ausschließlich zu Fachhändlern geschickt werden.

Später kam dann der spannendste Teil der Exkursion mit dem Probefahren von Trikes und E-Trikes.

Ein fahrradbegeisterter Mitarbeiter zeigte uns dabei auch sein voll verkleidetes Liegedreirad, ein „Velomobil“, mit dem er schon 16 km in 16 Minuten geschafft hatte.



Velomobil

Nachdem wir mit den Trikes herumgekurvt waren und uns vor allem mit dem Rückwärtsgang der E-Trikes ausreichend vergnügt hatten, ging es wieder in den Besprechungsraum.

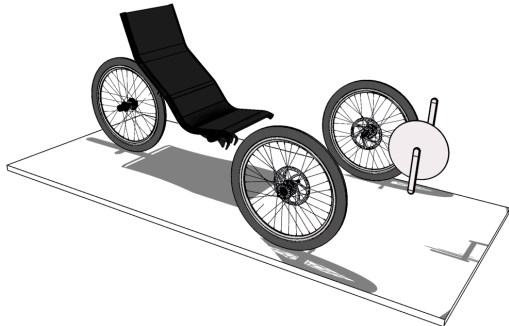


Probefahrten mit viel Spaß

Dort bekamen wir einen ausführlichen Vortrag eines dort angestellten Fahrzeugingenieurs namens Martin über die Bauweisen von Trikes. Wir erfuhren spannende Eigenschaften über Tadpole- und Delta-Trikes, verschiedene Reifenprofile und noch sehr viel mehr. Schnell wurde uns klar – hinter einem richtig guten Dreirad stecken weit mehr theoretische Überlegungen als gedacht, von denen wir nun einige anführen möchten.

Dreiradbauarten

Es gibt zwei grundsätzliche Möglichkeiten, ein Liegedreirad zu konstruieren:

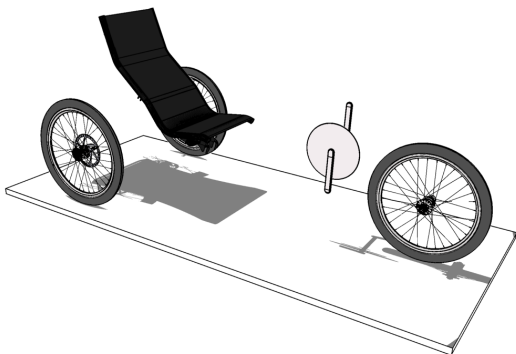


Tadpole Trike (Bild: HPVelotechnik)

Das sog. Tadpoledreirad (engl. = Kaulquappe) hat vorne zwei Räder. Für die Lenkung müssen spezielle Anfertigungen verwendet werden.

Der Antrieb ist einfach zu realisieren, da die Kraft direkt über eine Kette vom Kettenblatt auf die Ritzel übertragen werden kann (ähnlich „normales“ Fahrrad).

Der Radstand muss nicht so weit sein, da das Tretlager zwischen den beiden vorderen Rädern liegen kann. Dadurch wird es kompakter, aber es wird auch kippanfälliger.

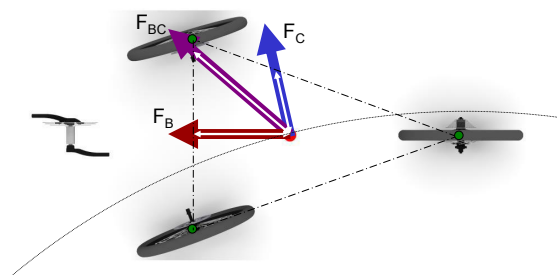


Delta-Trike (Bild: HPVelotechnik)

Das sogenannte Deltadreirad hat hinten zwei Räder. Da die Lenkung wie bei einem „normalen“ Fahrrad über das einzelne Vorderrad funktioniert, ist sie einfacher zu realisieren. Dafür ist der Antrieb komplizierter, weil die Kraft nicht auf ein mittig positioniertes Rad übertragen wird.

Der Radstand muss weiter sein, da das Tretlager zwischen Vorder- und Hinterrad liegen sollte. Dadurch wird es sperriger, aber es wird auch kippstabiler.

Die Kurvenfahrt beim Dreirad ist schon etwas Besonderes. Es wirken wie bei einem „normalen“ Fahrrad die Zentrifugalkraft (blauer Vektor) entgegengesetzt zum Mittelpunkt der Kreisbahn und die Trägheit der Masse nach vorne (roter Vektor). Doch beim normalen Fahrrad kann eine die Zentrifugalkraft ausgleichende Kraft durch Neigung des Fahrrads zum Mittelpunkt der Kreisbahn erzeugt werden. Aus Vektoraddition ergibt sich der resultierende Vektor (lila Vektor). Dies ist die resultierende Kraft. Fällt sie aus dem Dreieck, welches entsteht, wenn man die Naben der drei Räder mit einander verbindet, kippt das Dreirad.



Vektoraddition (Bild: HPVelotechnik)

Um dies zu verhindern, kann zum einen der Radstand verlängert werden, da dadurch das Dreieck größer wird (dadurch ist auch das Deltadreirad kippstabiler). Zum anderen kann der Fahrer selbst etwas zu seiner Sicherheit tun. Entgegen der weitverbreiteten Praxis, erst in der Kurve abzubremesen, ist es effektiver, schon vor der Kurve das Tempo herabzusetzen und dadurch die Trägheit der Masse (roter Vektor) zu verringern. Ebenso ist die Zentrifugalkraft (blauer Vektor) kleiner und insgesamt wird die resultierende Kraft (lila Vektor) geringer, was die Gefahr umzukippen verhindern kann. Andererseits kann er sich auch während der Kurvenfahrt Richtung Kreismittelpunkt lehnen (da der Mensch die ausschlaggebende Masse im System ist, beeinflusst er dadurch den gesamten Schwerpunkt) und dadurch der Zentrifugalkraft entgegenwirken. Die bestmögliche Sicherheit erreicht man selbstverständlich, wenn man beide Methoden gleichzeitig anwendet.

Nach diesen Eindrücken stiegen wir dann alle in den Bus, der uns wieder mit Klatsch-KüA zurück nach Adelsheim brachte. Wir hatten alle sehr viel Spaß und fanden, dass es ein gelungener und sehr informativer Tag war. An dieser Stelle wollen wir uns nochmal ganz ausdrücklich für die gelungene Zusammenarbeit mit HPVelotechnik, die Exkursion und die Bereitstellung von einem Trike und einem Liegefahrrad bedanken.



Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 14. JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

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

Die Science-Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem 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.

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.