



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“**

PHYSIK IM PRATER

Der Vergnügungspark physikalisch beleuchtet

OStR Mag. Theodor Duenbostl

Theodor.Duenbostl@univie.ac.at

GRG 10 Ettenreichgasse 41-43

1100 Wien

Wien, Juli 2006

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	5
1 EINLEITUNG	6
1.1 Anwendungsorientierung	6
1.2 Ausgangssituation und Lehrplanbezug	6
1.3 Herausforderungen, Ziele und Erwartungen	7
1.4 Fragestellungen	7
2 AUFGABENSTELLUNG	8
2.1 Methoden.....	8
2.1.1 Messsystem ULAB.....	8
2.1.2 Videoanalyse	9
2.2 Autodrom	10
2.2.1 Bewegungen – Geschwindigkeit und Beschleunigung.....	10
2.2.2 Stromversorgung	10
2.3 Airhockey	11
2.4 Billard	11
2.5 Space Shot	11
2.6 Schleudersitz – Ejection Seat	11
2.7 Hochschaubahn und Achterbahn (Boomerang)	12
2.8 Tagada.....	12
2.9 Schaukel mit zusätzlicher Drehung - Discovery	12
2.10 Luftikus.....	12
2.11 Turbo Booster	13
2.12 Geisterbahn	13
3 DURCHFÜHRUNG	14
3.1 Zeitlicher Ablauf	14
3.2 Autodrom	14
3.2.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung.....	14
3.2.2 Stromversorgung	16
3.3 Airhockey	16

3.3.1	Elastischer Stoß gegen eine Wand.....	16
3.3.2	Elastischer nicht zentraler Stoß	17
3.4	Billard	17
3.4.1	Zentraler elastischer Stoß	17
3.4.2	Nicht zentraler elastischer Stoß	17
3.5	Space Shot	18
3.6	Schleudersitz – Ejection Seat	18
3.7	Hochschaubahn und Achterbahn (Boomerang)	19
3.8	Tagada.....	19
3.9	Schaukel mit zusätzlicher Drehung – Discovery	20
3.10	Luftikus.....	20
3.11	Turbo Booster	20
3.12	Geisterbahn	21
3.12.1	Bewegungsmelder	21
3.12.2	Neigungsschalter	21
3.12.3	Reed-Kontakt.....	21
3.12.4	Wechselschalter.....	21
3.12.5	Elektromagnetischer Schalter	21
4	ERGEBNISSE	22
4.1	Schülervorstellungen.....	22
4.2	Ergebnisse der Messdatenauswertung, Arbeitsblätter	23
4.2.1	Allgemeines zur Gestaltung dieses Abschnitts	23
4.2.2	Autodrom	23
4.2.3	Airhockey	27
4.2.4	Billard	29
4.2.5	Space Shot	32
4.2.6	Ejection Seat.....	34
4.2.7	Boomerang	35
4.2.8	Tagada.....	38
4.2.9	Discovery - Arbeitsblatt	39
4.2.10	Luftikus.....	40
4.2.11	Turbo Booster	42
4.2.12	Geisterbahn	44

5	EVALUATION.....	48
5.1	Einleitung	48
5.2	Fragestellung	48
5.3	Methodisches Vorgehen	48
5.3.1	Fragebögen.....	49
5.3.2	Dokumentenanalyse der Portfolios	49
5.3.3	Ampelfeedback	49
5.3.4	Gruppendiskussion	50
5.4	Ergebnisse	51
5.4.1	Fragebögen.....	51
5.4.2	Portfolios	54
5.4.3	Ampelfeedback	55
5.4.4	Gruppendiskussion	57
5.5	Zusammenfassung.....	61
6	LITERATUR.....	62

ABSTRACT

Ziel des Projektes war es, den Schülerer/innen Physik so zu vermitteln, dass sie durch aktive Teilnahme eingebunden waren und deshalb auch Freude am Physikunterricht hatten. Dies sollte dem im allgemeinen negativen Image des Physikunterrichts entgegenwirken.

Die Verbindung mit einem Vergnügungspark (Prater) sollte zeigen, dass Physik nicht nur abstrakte Formeln, sondern auch in Alltagssituationen (Freizeitbereich) Erklärungshilfen bietet. Außerdem erhielten die Schüler/innen reichlich Gelegenheit zur Selbsttätigkeit bei der Planung, vor allem aber bei der Durchführung von Experimenten. Für den Einstieg in das Kapitel „Elektrische Stromkreise“ wurde ein Experimentierblock mit Analogieversuchen zur Geisterbahn gewählt.

Im Mittelpunkt des Projektes stand die Messung von Beschleunigungen, wie sie bei zahlreichen Praterfahrgeschäften auftreten. Zusätzlich wurden selbstgedrehte Videosequenzen von diesen Praterattraktionen sowie Billard und Airhockey mit einer Videoanalyse-Software (Coach 5) ausgewertet.

Die Evaluation des Projektes zeigte überwiegende Zustimmung der Schüler/innen zu dieser Form des Physikunterrichts, was den Mehraufwand gegenüber „normalem“ Unterricht gerechtfertigt erscheinen lässt.

Insgesamt ist zu sagen, dass der Physikunterricht im Laufe des Schuljahres an Beliebtheit enorm hinzugewonnen hat.

Schulstufe: 10. Schulstufe, 6. Klasse Gymnasium

Fächer: Physik

Kontaktperson: OStR Mag. Theodor Duenbostl

Kontaktadresse: BG 10, 1100 Wien, Ettenreichgasse 41-43

1 EINLEITUNG

1.1 Anwendungsorientierung

Die physikalischen Inhalte Geschwindigkeit, Beschleunigung, Impuls, Zentripetal- und Zentrifugalkraft, Energie sowie die Grundlagen elektrischer Stromkreise sollen mit ihrem Auftreten in der Welt des Vergnügungsparks (Prater) in Verbindung gebracht werden. Dies soll den Schüler/innen klarmachen, dass es sich nicht um praxisferne Themen handelt und helfen, physikalisches Wissen nachhaltig zu erwerben.

Die geplanten Methoden zur Messung der betrachteten Größen werden teilweise im Alltag ebenfalls angewendet und sollen bei den Schüler/innen grundlegendes Verständnis für physikalische Messungen erzeugen.

1.2 Ausgangssituation und Lehrplanbezug

Das Projekt wird mit einer 6. Klasse Gymnasium (Anfangsunterricht Physik in der Oberstufe) durchgeführt. Schüler/innen im Gymnasium stehen dem Physikunterricht besonders skeptisch gegenüber, da sie ja bewusst den Zweig gewählt haben, bei dem die Naturwissenschaften eine untergeordnete Rolle spielen. Schüler/innen im Gymnasium sind häufig schwerer zu motivieren, den Physikunterricht aktiv mitzugestalten.

In der Klasse sind 16 Mädchen und 5 Burschen. Ein differenziertes Vorgehen im Unterricht ist im Rahmen des Projekts nicht geplant und erscheint auch nicht notwendig. Die Themenstellung – Verbindung von Physik und Prater – ist für Mädchen und Burschen gleichermaßen herausfordernd.

Zitate aus dem Lehrplan:

Ziel des Physikunterrichts ist daher die Vermittlung des nötigen Rüstzeuges zum verstehenden Erleben von Vorgängen in Natur und Technik und keinesfalls nur das Informieren über sämtliche Teilgebiete der Physik.

Das Ziel ist der Erwerb folgender Fähigkeiten, Fertigkeiten und Werthaltungen:

- *Informationen sammeln, hinterfragen und argumentieren können*
- *eigene Arbeiten zielgruppengerecht präsentieren können*
- *Problemlösungsstrategien einzeln und im Team entwickeln können*
- *eigenständig arbeiten können*
- *umweltbewusst handeln können*
- *mit Expertinnen und Experten sprechen, Expertenmeinungen hinterfragen und grundlegendes Fachvokabular richtig anwenden können*
- *physikalische Zusammenhänge darstellen können*
- *Diagramme erstellen und interpretieren können*

Dabei ist exemplarisch an mindestens einer Thematik pro Schulstufe eine größere Erklärungstiefe anzustreben und vermehrte Möglichkeit zur eigenständigen Befassung zu geben. Dies ist nach Möglichkeit auch fächerübergreifend durchzuführen.

1.3 Herausforderungen, Ziele und Erwartungen

Durch die Themenstellungen aus dem Bereich der Freizeitaktivitäten soll die Motivation der Schüler/innen geweckt werden. Sie sollen ermutigt werden, Abläufe aus dem Bereich der Freizeitunterhaltung, die sie selbst durchgeführt oder gesehen haben, physikalisch zu hinterfragen und zu analysieren.

Physikalisches Grundwissen soll nachhaltiger erworben werden, indem praktische und theoretische Probleme aus dem Bereich eines Vergnügungsparks gelöst werden.

Untersucht und behandelt werden soll:

- Geschwindigkeit und Beschleunigung bei diversen Praterattraktionen (Autodrom, Space Shot, Ejection Seat)
- Energieumwandlung bei der Hochschaubahn (Boomerang)
- Physik der Drehbewegung bei zahlreichen Attraktionen wie Discovery, Luftikus, Tagada und Turbo Booster
- Gültigkeit des Impulssatzes und des Erhaltungssatzes der Energie am Beispiel von Airhockey und Billard
- Grundlagen einfacher Stromkreise und Schaltmöglichkeiten am Beispiel des Autodroms und der Geisterbahn

Die Schüler/innen sollen moderne Messverfahren (Beschleunigungssensoren, wie sie zum Auslösen von Airbags verwendet werden) kennenlernen und die Messdaten selbstständig auswerten.

Da sie bereits wiederholt am Computer gearbeitet haben, wird ein Teil der Aufgaben mit Videoanalyse durchgeführt.

1.4 Fragestellungen

- Fördert die Verbindung mit dem Vergnügungs- und Freizeitbereich das Interesse am Physikunterricht, besonders bei sonst eher wenig beliebten Themen der Mechanik?
- Fördert Projektarbeit durch die aktive Teilnahme das Interesse der Schüler/innen an Physik?

2 AUFGABENSTELLUNG

Durch das Hinterfragen von Bewegungsabläufen in Vergnügungspark-Einrichtungen, konkret im Wiener Prater, soll die Motivation der Schüler/innen geweckt werden. Sie sollen ermutigt werden, Abläufe, die sie selbst oftmals gesehen haben, physikalisch zu hinterfragen und zu analysieren.

Physikalisches Grundwissen soll nachhaltiger erworben werden, indem praktische und theoretische Probleme aus dem Freizeitbereich gelöst werden.

Die physikalischen Inhalte Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft sollen mit ihrem Auftreten im Alltag in Verbindung gebracht werden. Dies soll den Schüler/innen klarmachen, dass es sich nicht um praxisferne Themen handelt und helfen, physikalisches Wissen nachhaltig zu erwerben.

Durch die Themenstellung und den Besuch des Praters soll die Motivation der Schüler/innen für physikalische Betrachtungen geweckt werden. Die geplanten Methoden zur Messung der betrachteten Größen werden auch im Alltag angewendet und sollen bei den Schüler/innen grundlegendes Verständnis für physikalische Messungen erzeugen.

Die physikalischen Inhalte gemäß des Lehrplans, wie Umwandlung von Energie und Energieumsatz, Kräfte, geradlinige und kreisförmige Bewegung sollen den Schüler/innen die Erhaltungssätze für Energie und Impuls vor Augen führen und einprägen.

2.1 Methoden

2.1.1 Messsystem ULAB

Das Messsystem **ULAB** mit den angeschlossenen Sensoren und der Software **Coach 5** ermöglicht Messungen ohne an einen Computer angeschlossenen zu sein.

Die Einstellungen für ein Experiment werden direkt am Messgerät vorgenommen. Mit Tastendruck kann ein Experiment gestartet und die Messung eingeleitet werden. Die Messdaten können in Form von Graphen oder Tabellen auf dem LCD-Schirm überprüft werden.

Die besondere Stärke ist jedoch, dass die Messdaten im Nachhinein in den PC eingelesen werden können und dort für Auswertungen unterschiedlichster Art zur Verfügung stehen. Weiters steht eine Exportfunktion zur Verfügung, so dass man die Daten auch in einer Tabellenkalkulation auswerten kann.

Aus den einzelnen Messungen kann man so genannte Projekte erzeugen, bei denen die Videos, zusätzliche Fotos, die Diagramme und auch erklärende Texte zusammengefasst sind.



Mit Hilfe von Sensoren wurden Beschleunigungen gemessen und aufgezeichnet. Die Messwerte wurden in Diagrammen dargestellt und dann weitere Daten errechnet.



In diesem Projekt werden zwei unterschiedliche Beschleunigungssensoren verwendet.

Die eine Type kann nur Geschwindigkeitsänderungen in einer Richtung erkennen.

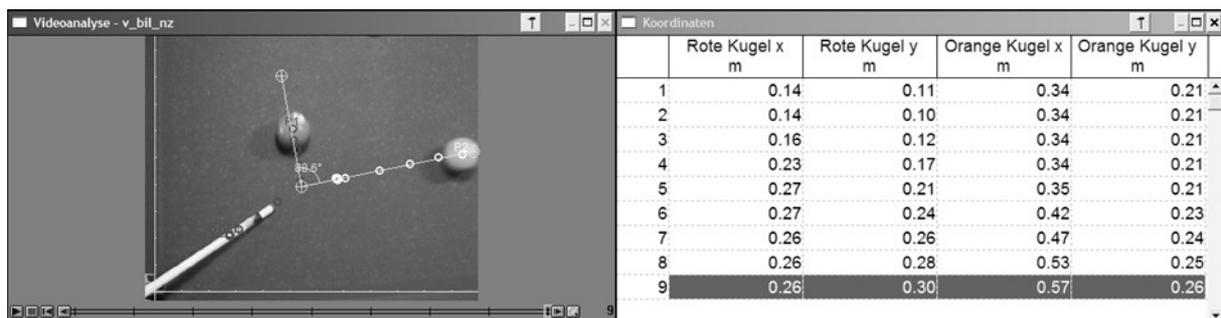


Der zweite Sensor misst in allen drei Richtungen des Raumes.

Beide haben einen Messbereich von $\pm 50 \text{ m/s}^2$, was einer Beschleunigung von $\pm 5 \text{ g}$ ($\text{g} \dots$ Erdbeschleunigung mit ca. 10 m/s^2) entspricht.

2.1.2 Videoanalyse

Die Software Coach ermöglicht die Erzeugung von Weg/Zeit-Diagrammen aus den Einzelbildern eines kurzen Videos. Die Zeitbasis ist bekannt, da mit einer Videokamera 25 Bilder pro Sekunde aufgenommen werden. Daraus ergibt sich ein zeitlicher Abstand zwischen 2 Bildern von 0,04 Sekunden. Zur Skalierung muss in dem Video die Länge einer Strecke bekannt sein. Damit wird der Maßstab für die Messreihe festgelegt. Ein bestimmter Punkt des bewegten Objekts wird in jedem Bild markiert. Die jeweilige Position wird der Zeit zugeordnet und das Wertepaar in einer Liste eingetragen. Daraus wird dann das Diagramm erzeugt.



2.2 Autodrom

2.2.1 Bewegungen – Geschwindigkeit und Beschleunigung

Am Beispiel des Autodroms soll der Zusammenhang zwischen Bewegungsenergie und Geschwindigkeit hergestellt werden. Aus der Analyse einer Videosequenz eines „Autodromzusammenstoßes“ soll dabei der nichtlineare Zusammenhang zwischen kinetischer Energie und Geschwindigkeit erkannt werden.

Es sollen Videos von absichtlich herbeigeführten Zusammenstößen im Autodrom hergestellt und dann im Unterricht analysiert werden. Das Ziel ist die Beantwortung folgender Fragestellung:

- Entspricht der Frontalzusammenstoß von zwei annähernd gleichen Autos mit jeweils 100 km/h Geschwindigkeit einem Aufprall eines Autos gegen eine feste Mauer bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h?

Untersucht werden soll, ob die Geschwindigkeiten von zwei gleichen Fahrzeugen addiert werden können, wenn man die Wirkung beim Frontalzusammenstoß abschätzen will.

Mit Hilfe von Beschleunigungssensoren sollen die beim Zusammenstoß bzw. Aufprall eines Autodromwagens auftretenden negativen Beschleunigungen (Bremsverzögerung) gemessen werden.

Beschleunigungssensoren werden unter anderem in der Automobilbranche zum Auslösen der Airbags eingesetzt.

Die Sensoren werden an das Messsystem ULAB angeschlossen und von diesem auch erkannt. Mit der Software Coach werden die Daten übernommen und stehen zur Auswertung zur Verfügung.

Im Autodrom sollen einerseits Beschleunigungssensoren die Werte beim Anprall an die Begrenzung liefern, andererseits sollen sie aus dem aufgezeichneten Video ermittelt werden. Die Geschwindigkeiten im Autodrom sind so klein, dass dies ungefährlich ist.

Zum Vergleich sollen die Beschleunigungen gemessen werden, wenn zwei Wagen mit gleicher Geschwindigkeit zusammenstoßen. Auch hier wird gleichzeitig ein Video des Zusammenstoßes erstellt und dieses dann ausgewertet.

2.2.2 Stromversorgung

Anhand eines Modells (Wagen mit Schiene) soll den Schüler/innen gezeigt werden, wie die Energieversorgung der Fahrzeuge vor sich geht. Vorab werden die Vorstellungen der Schüler/innen dazu erhoben.



2.3 Airhockey

In Vergnügungsparks findet man öfters Airhockey-Tische. Durch die Bohrungen in der Platte des Tisches wird Luft ausgeblasen. Runde Kunststoff-Pucks können so auf ihr nahezu reibungslos gleiten (Luftkissentisch). Auf diese Weise können Stoßgesetze, Impulssatz und Luftreibung anschaulich behandelt und mit Videoanalyse ausgewertet werden.

Untersucht werden sollen elastische Stöße eines Pucks gegen die Wand und gegen andere Pucks.



2.4 Billard

Beim Billardspielen sollen Stoßgesetze bzw. Energieerhaltung untersucht werden. Beim Billard-Spiel stoßen gleich große Kugeln gleicher Masse zusammen. Es müssen jederzeit der Impulserhaltungssatz und der Satz von der Erhaltung der Masse gelten. Dazu wird einerseits der zentrale Stoß aufgezeichnet und ausgewertet, andererseits der nicht zentrale Stoß (seitlich).

Es soll untersucht werden, ob beim zentralen Stoß die stoßende Kugel nach dem Stoß liegen bleibt und die gestoßene Kugel mit der Geschwindigkeit der stoßenden Kugel wegrollt.

2.5 Space Shot



Am Beispiel des „Space Shot“ wird die Größe der Beschleunigung beim Senkrechtstart und anschließender Abwärtsbewegung ermittelt.

Mit Hilfe von Beschleunigungssensoren sollen die Beschleunigungen während der gesamten „Fahrdauer“ gemessen und aufgezeichnet werden. Parallel dazu wird die „Fahrt“ aufgezeichnet und mittels Videoanalyse der Weg der Sitzbank bestimmt. Daraus lassen sich Geschwindigkeit und Beschleunigung ermitteln.

2.6 Schleudersitz – Ejection Seat

Eine kugelförmige Kabine befindet sich an Stahlseilen, die durch Federn gespannt werden. Nach dem Auslösen bewegt sich die Kugel beschleunigt.

Diese Beschleunigungen sollen mit Hilfe von Beschleunigungssensoren gemessen und aufgezeichnet werden. Parallel dazu wird der Start aufgezeichnet und mittels Videoanalyse die Startbeschleunigung ermittelt.



2.7 Hochschaubahn und Achterbahn (Boomerang)

Am Beispiel der Bahn Boomerang soll die Umwandlung von potenzieller Energie in kinetische Energie demonstriert werden. Während der gesamten Fahrt wird die Beschleunigung aufgezeichnet. Der Startvorgang wird gefilmt und daraus mittels Videoanalyse die Geschwindigkeit ermittelt.



2.8 Tagada



Die Umlaufdauer wird gemessen und die Größe des Karussells bestimmt. Aus diesen Daten wird die Beschleunigung (Zentrifugalbeschleunigung) berechnet. Aus einem Bild mit einer schräg stehenden Person im sich drehenden Karussell soll mit Hilfe des Kräfteparallelogramms auf die Beschleunigung geschlossen werden.

2.9 Schaukel mit zusätzlicher Drehung - Discovery

Die Beschleunigungen während der Fahrt werden aufgezeichnet und sollen im Diagramm die zusammengesetzte Bewegung veranschaulichen.



2.10 Luftikus



Beim Karussell wird die Beschleunigung gemessen und ausgewertet.

Außerdem soll aus der Abbildung der schräg fliegenden Sitze auf die Zentrifugalbeschleunigung geschlossen werden.

2.11 Turbo Booster



Drehbewegung mit zusätzlicher Drehung der am Armende auf einer Sitzbank befindlichen Personen.

Die Beschleunigungen werden gemessen. Zusätzlich soll aus einem Video der Bewegung die Bahngeschwindigkeit der Personen ermittelt werden.

2.12 Geisterbahn

Beim Besuch der Geisterbahn stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten diese Spuks in Gang zu setzen. Die unterschiedlichen Arten von Sensoren, Schaltern und Auslösemechanismen sollen in Schüler-Experimenten im Physiksaal untersucht werden.



Untersucht werden sollen:

- Bewegungsmelder
- Neigungsschalter
- Reed-Kontakt
- Wechselschalter
- Elektromagnetischer Schalter

Die Behandlung dieser Sensoren und Schalter wurde als Einstieg zum Themenkreis „Einfache Stromkreise“, den der Lehrplan der 6. Klasse vorsieht, gewählt.

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Zeitlicher Ablauf

Projektbeginn: September 2005

Projektende: Juni 2006

In der Planung des Projektablaufes musste berücksichtigt werden, dass die meisten Prater-Fahrgeschäfte während der Wintermonate nicht geöffnet haben. Lediglich im Autodrom konnte auch im November gearbeitet werden. Die Experimente mit Airhockey und Billard fanden ohnehin in einer Halle statt.

<i>Zeit</i>	<i>Tätigkeit</i>	<i>Physikalische Inhalte</i>	<i>Methoden</i>
September/Oktober 2005	Planung der Aktivitäten	Geschwindigkeit Beschleunigung	
November 2005	Autodrom	Impulssatz Beschleunigung Energieerhaltung	ULAB- Messinterface Videoanalyse
Dezember 2005	Airhockey Billard	Stoßgesetze Energieerhaltung	Videoanalyse
Jänner 2006	Auswertung		Videoanalyse
April 2006	Geisterbahn: Schalter und Sensoren unter- suchen	Stromkreise	Schülerexperimente
Mai 2006	Space Shot Boomerang Tagada Luftikus Discovery Turbo Booster Ejection Seat	Beschleunigung Drehbewegung Energieumwandlung	ULAB- Messinterface Videoanalyse
Juni 2006	Abschluss des Projekts: Auswertung der Daten Evaluation		

3.2 Autodrom

3.2.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung

3.2.1.1 Anprall an der Begrenzung

Die folgenden Experimente wurden mit einer kleineren Gruppe von Schüler/innen in ihrer Freizeit freiwillig durchgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte im Anschluss daran im EDV-Raum durch alle Schüler/innen.

Ein Autodrom-Fahrzeug (Höchstgeschwindigkeit etwa 11 km/h) im Wiener Prater wird gegen die Begrenzung gelenkt und prallt an ihr an.



Um die am Fahrzeug und an der Person wirkenden Bremsbeschleunigungen messen zu können, wurde ein Sensor direkt am Wagen, der andere Sensor am Knie der FahrerIn befestigt.

Die Beschleunigungswerte wurden anschließend auf einen PC übertragen und die Diagramme erzeugt.

Die gleichzeitig hergestellte Videoaufzeichnung wurde von den Schüler/innen mit Coach analysiert.

Aus dem Weg/Zeit-Diagramm ließ sich mit Hilfe der Zusatzfunktionen von Coach das Geschwindigkeit/Zeit-Diagramm ermitteln. Zuvor wurde der Graph mittels der Filterfunktion mehrmals geglättet.

Aus der Geschwindigkeitsänderung konnten dann die Beschleunigungen des Kopfes und des Wagens abgelesen werden.



3.2.1.2 Frontalzusammenstoß

Zwei Autodrom-Fahrzeuge wurden frontal auf einander zu gelenkt und stießen ungebremst zusammen.

Wieder wurden an einem Wagen und an einer Person Beschleunigungssensoren befestigt und die Beschleunigungen aufgezeichnet.

Der Zusammenstoß wurde gefilmt und später mittels Videoanalyse von den Schüler/innen im EDV-Raum ausgewertet.



Da sich mit Coach mehrere Objekte analysieren lassen, wurden bei der Videoauswertung in jedem Bild 4 Punkte markiert. So konnten die Weg/Zeit-Diagramme der beiden Wagen und der beiden Personen gewonnen werden.

Aus den Weg/Zeit-Diagrammen wurden die Geschwindigkeit/Zeit-Diagramme erzeugt und daraus die Beschleunigungswerte bestimmt.

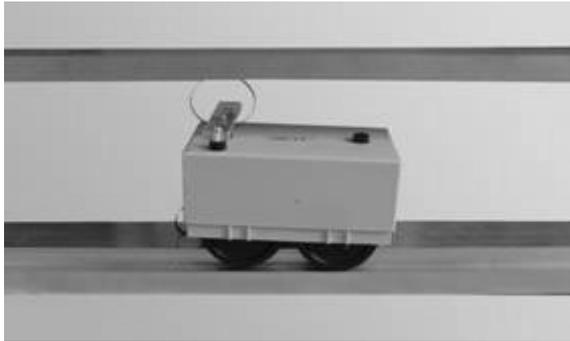
3.2.1.3 Vergleich

Zur Interpretation der Ergebnisse wurde ein Arbeitsblatt zusammengestellt, in dem die Diagramme und Messwerte aus den beiden Experimenten enthalten sind. Durch

gezielte Fragen wurden die Schüler/innen zur Beantwortung der als Ausgangspunkt gestellten Fragen geführt.

3.2.2 Stromversorgung

Die Stromzufuhr an die Fahrzeuge eines Autodroms ist nicht allen Schülern klar. Daher wurde ein einfaches Modell entwickelt, bei dem einem Wagen auf einer Schiene über Metallfedern Strom zugeführt wurde. Die Schüler/innen konnten so den Stromweg, wie er in einem Autodromauto gegeben ist, nachvollziehen.



3.3 Airhockey

3.3.1 Elastischer Stoß gegen eine Wand

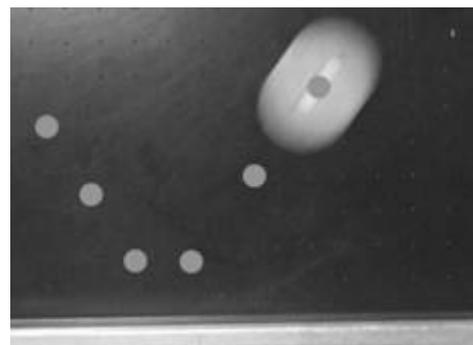


Die folgenden Experimente wurden mit einer kleineren Gruppe von Schüler/innen in ihrer Freizeit freiwillig durchgeführt. Die Auswertung der Videos stand dann im Unterricht allen Schüler/innen zur Verfügung.

Ein Puck wird von einem Schüler gegen die Wand gestoßen. Die Bewegung des Pucks wird zur späteren Auswertung gefilmt.

Die einzelnen Frames des Videos wurden als Einzelbilder abgespeichert und mit Hilfe einer Grafik-Software nachbearbeitet. Auf diese Weise konnte ein kurzer „Trickfilm“ hergestellt und als PowerPoint-Datei gespeichert werden. Die Spur des Pucks wird auf diese Weise erkennbar.

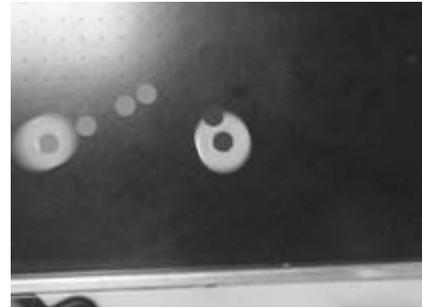
Dabei stößt man mit einer herkömmlichen Videokamera an die Grenzen der Einsetzbarkeit. Die Verschlusszeiten sind für die relativ großen Geschwindigkeiten zu lange, was eine gewisse Unschärfe der Bilder des Pucks bewirkt. Eine größere Bildrate als 25 Bilder pro Sekunde wäre ebenfalls wünschenswert.



3.3.2 Elastischer nicht zentraler Stoß

Die Analyse der Bewegung zweier Pucks erfolgt analog zum vorhergehenden Experiment. In diesem Fall wird ein Puck auf einen zweiten gestoßen, dabei jedoch nicht zentral. Der Winkel, unter dem die beiden Pucks sich voneinander weg bewegen, wurde beobachtet. Auf Grund des Satzes von der Erhaltung der Energie muss dies ein rechter Winkel sein.

Ohne technische Hilfsmittel ist diese Aufgabe nahezu unlösbar. Wird dieser Stoßvorgang gefilmt und dann mit Hilfe der Videoanalyse ausgewertet, ist die Aufgabe leicht lösbar.



Beispiel für die Spuren der beiden Pucks

3.4 Billard

3.4.1 Zentraler elastischer Stoß

Beim Billard-Spiel stoßen gleich große Kugeln gleicher Masse zusammen. Es müssen jederzeit der Impulserhaltungssatz und der Satz von der Erhaltung der Masse gelten.



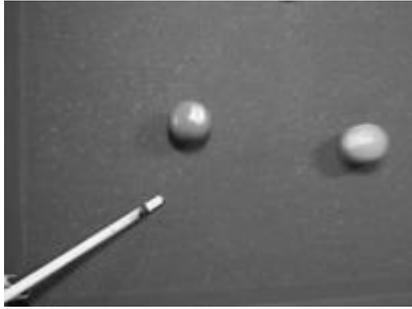
Die Bewegung der Kugeln wurde aufgezeichnet. Die Videoanalyse wurde mit Coach durchgeführt.

Um die Spuren der Kugeln sichtbar zu machen, wurde wie beim Airhockey vorgegangen. Die einzelnen Frames des Videos wurden als Einzelbilder abgespeichert und mit Hilfe einer Grafik-Software nachbearbeitet. Der entstandene „Trickfilm“ wurde als PowerPoint-Datei gespeichert und machte die Spuren der Kugeln sichtbar.

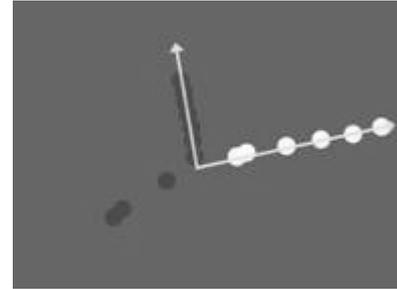
3.4.2 Nicht zentraler elastischer Stoß

Wird eine Billardkugel nicht zentral auf eine andere Kugel gestoßen, so bewegen sich beide Kugeln unter einem bestimmten Winkel voneinander weg. Auf Grund des Erhaltungssatzes der Energie muss dies ein rechter Winkel sein, was jedoch nicht immer leicht zu sehen ist.

Ein seitlicher Stoß wurde gefilmt und die einzelnen Bewegungsabschnitte mittels Videoanalyse ausgewertet. Außerdem wurden wieder mit Hilfe von Einzelbildern die Spuren sichtbar gemacht.



Einzelbild aus dem Video nach dem Stoß



Markierung der Spuren der beiden Kugeln

3.5 Space Shot

Mehrere Schüler/innen erhielten Beschleunigungssensoren, die am Gürtel befestigt wurden, und durften sich im „Space Shot“ in die Höhe schießen lassen. Die Beschleunigungswerte wurden anschließend in Diagrammen dargestellt.



Als Sensor wurde ein 3D-Sensor verwendet, der Beschleunigungen in allen 3 Raumrichtungen misst. Bei der Auswertung wurde daraus rechnerisch auch die Gesamtbeschleunigung (Vektorsumme) ermittelt und im Diagramm dargestellt.

Die Diagramme wurden in der Folge von den Schüler/innen, angeleitet durch ein Arbeitsblatt, ausgewertet.

Der Start der Schüler/innen wurde auch gefilmt und stand daher auch für eine Videoanalyse zur Verfügung. Die Schüler/innen arbeiteten dazu im Computerraum. Sie hatten das Video zur Verfügung und mussten mit Hilfe von Coach das Weg/Zeit-Diagramm ermitteln. Daraus konnten sie die Werte für Geschwindigkeit und Beschleunigung errechnen und ebenso in Diagrammen darstellen lassen.

3.6 Schleudersitz – Ejection Seat

Ein mutiger Schüler stellte sich zur Verfügung und ließ sich in der Kugel in die Höhe schleudern. Er montierte zuvor den Beschleunigungssensor an einem festen Teil der Kabine. Vom Betreiber des Fahrgeschäfts werden die Personen in der Kabine während der „Fahrt“ auf Videokassette aufgenommen. Diese Kassette kann man anschließend kaufen.

Dieses Video wurde der Klasse gezeigt und hätte später ausgewertet werden können. Diese mitbewegte Kamera ist auch ein Anknüpfungspunkt für die Diskussion über Bezugssysteme – ein Thema, das vielen Schüler/innen Schwierigkeiten macht. Das Video der mitbewegten Kamera kann einer Aufnahme von außen gegenübergestellt werden.

Zur Auswertung der Daten des Beschleunigungssensors wurde von der Klasse ein Arbeitsblatt bearbeitet.



3.7 Hochschaubahn und Achterbahn (Boomerang)

Die Wagen werden eine schiefe Ebene hinauf gezogen und bewegen sich dann beschleunigt bergab. Die Schüler/innen hatten die Aufgabe, die Höhe auf verschiedene Arten zu ermitteln, einmal mit Hilfe von Maßband und Theodolit, zum Vergleich mit Hilfe eines optischen Entfernungsmessers. Aus dieser Höhe errechneten sie anhand eines Arbeitsblattes die theoretisch maximal mögliche Geschwindigkeit der Wagen.



Die tatsächliche Geschwindigkeit mussten sie mit Hilfe der Videoanalyse herausfinden.

Weiters wurde am Körper eines Mädchens der 3D-Beschleunigungssensor befestigt, um die auftretenden Beschleunigungen zu erfassen. Wichtig für die Interpretation der Messwerte ist die Kenntnis der Position des Sensors am Körper. Diese wurde daher wie auch bei allen anderen Beispielen fotografisch festgehalten.

Bei der Auswertung stellte sich heraus, dass die Bewegung des Körpers die Messwerte verfälschte. Besser wäre es gewesen, den Sensor direkt am Wagen zu befestigen, wozu aber ein weiterer Praterbesuch nötig gewesen wäre.

Im Unterricht erfolgte die Diskussion über die erhaltenen Messwerte.



3.8 Tagada



Diese Praterattraktion diente der vertiefenden Behandlung des Themas Drehbewegung und dabei der Zentrifugalkraft und Zentripetalkraft. Eine Schülerin fuhr mit dem Beschleunigungssensor mit und sorgte für die Messdaten.

Mit Hilfe eines Arbeitsblattes wurde die Umlaufdauer und aus der Schräglage einer mitfahrenden Person in einem Foto die Zentrifugalbeschleunigung ermittelt.

3.9 Schaukel mit zusätzlicher Drehung – Discovery

Mit Hilfe des 3D-Beschleunigungssensors wurden die Beschleunigungsdiagramme gewonnen. Der Sensor wurde am Körper einer Schülerin, die mutig genug für die Fahrt mit dieser Praterattraktion war, befestigt.

Die Beschleunigungsdiagramme wurden in einem Arbeitsblatt nach Anleitung ausgewertet und interpretiert.



3.10 Luftikus

Eine Schülerin nahm mit dem 3D-Sensor die Messdaten auf, die dann im Unterricht ausgewertet wurden.

Das Karussell wurde fotografiert, um dann aus dem Foto der schräg fliegenden Sitze die Zentrifugalbeschleunigung abzuschätzen.

3.11 Tubo Booster

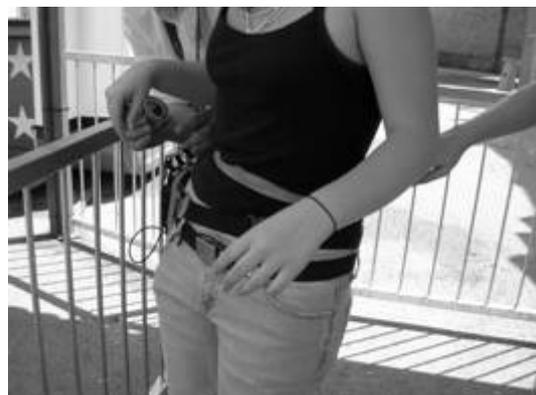


Die Schüler/innen mussten sich nach der Länge des Armes (dem Radius bei der Drehbewegung) erkundigen und dann die Umlaufdauer stoppen. Anhand eines Arbeitsblattes bestimmten sie daraus dann die Bahngeschwindigkeit der Personen.

Zur Kontrolle wurde die Bahngeschwindigkeit mit Hilfe der Videoanalyse bestimmt.

Eine mitfahrende Schülerin trug den 3D-Sensor am Körper und sorgte so für die Beschleunigungs-Zeit-Diagramme, die in einem weiteren Arbeitsblatt ausgewertet wurden.

Die Montage des Sensors und Messgeräts warf einige Probleme auf, da aus Sicherheitsgründen kein Teil frei beweglich sein durfte. Man durfte hier auch keine Brillen oder lockeren Schuhe tragen. Die gesamte Messanordnung musste mit Klebebändern fixiert werden.



3.12 Geisterbahn

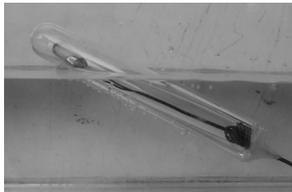
Die Geisterbahn kennen alle Schüler/innen in Wien. Es war aus Zeitgründen nicht möglich, sie gemeinsam zu besuchen. So wurde der Einstieg in das Thema über Videos und Fotos gestaltet. In der Geisterbahn sind eine Vielzahl von Sensoren und Schaltern im Einsatz. Mit Hilfe von Arbeitsblättern (Versuchsanleitungen) bauten die Schüler/innen Modelle dafür auf. Die Aktivitäten der Schüler/innen sind auf Fotos und Videos festgehalten.

3.12.1 Bewegungsmelder

Näherungsschalter werden heute vielfach für die Schaltung von Beleuchtungen verwendet. Diese handelsüblichen Sensoren reagieren auf Wärmestrahlung (Infrarot). Die Schüler/innen sollten einen derartigen Schalter so verwenden, dass bei Annäherung einer Person ein Summton ertönt und Leuchtdioden (Blinkschaltung) aufblinken.



3.12.2 Neigungsschalter

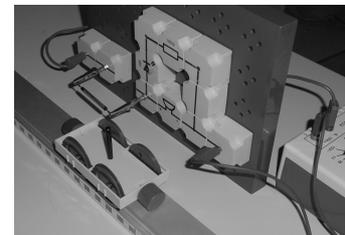


Beim Einfüllen von Wasser in ein Gefäß soll bei einer bestimmten Füllhöhe eine Leuchtdiode zu blinken beginnen. Im Schalter befindet sich ein Quecksilbertropfen, der bei einer bestimmten Neigung einen Kontakt schließt. Der Schalter befindet sich in einem Glasrohr und schwimmt in Wasser.

Steigt der Wasserspiegel, so steigt der Schalter mit in die Höhe und richtet sich auf, da er über die Zuleitungen am Boden des Gefäßes fixiert ist.

3.12.3 Reed-Kontakt

Die Schüler/innen bauten eine Versuchsanordnung auf, bei der ein Wagen mit Magnet beim Vorbeifahren einen Schalter (Reed-Kontakt) schließt. Das Schließen des Stromkreises bewirkte das Aufleuchten einer Leuchtdiode und das Ertönen eines Summers.



3.12.4 Wechselschalter

Die Schüler/innen bauten nach Anleitung aus den Schülerübungsbausteinen einen Wechselschalter. Das Schwierige dabei war, dass sie sich die Schaltung selbst überlegen mussten und keine Anleitung dazu hatten.

3.12.5 Elektromagnetischer Schalter

Analog zu einer Anordnung in der Geisterbahn wurde eine Anordnung zusammengestellt, bei der bei Unterbrechung eines Stromkreises eine Kugel an einer Feder zu schwingen beginnt. Der Schalter für den Stromkreis wurde durch eine Blattfeder gebildet. Die Kugel war bei geschlossenem Stromkreis durch einen Elektromagneten fixiert. Der nicht sofort erkennbare Trick bestand darin, dass in der Holzkugel eine Eisenschraube war.



4 ERGEBNISSE

4.1 Schülervorstellungen

Am Beginn des Kapitels „Geisterbahn“ bzw. „Autodrom“ wurden die Schüler/innen befragt, wie ihrer Meinung nach elektrischer Strom dabei eingesetzt wird. Die Antworten wurden schriftlich abgegeben. Großteils zeigten sich völlig falsche Vorstellungen, die durch die Befassung mit diesem Themenkreis zu revidieren waren.

In beiden Meinungen ist erkennbar, dass die Schüler/innen noch immer den Begriff „Reibungselektrizität“ im Kopf haben ohne ihn richtig einordnen zu können.

Elektrizität im Prater
Bei Autodrom entsteht Elektrizität.
Zuerst wirft man eine Münze, die man bei der Kassa kaufen muss, in das Münzenloch rein, ~~dadurch~~ dadurch ist das Auto fahrfähig.
Hinten am Auto ~~ist~~ ist eine (Metall-)Stange befestigt, die rauf zu einem netzähnlichen Decke raufgeht. Elektrizität entsteht dadurch, dass diese Stange ~~über~~ während des Fahrens die ganze Zeit an der netzähnlichen Decke schließt, dadurch kann man den Stromschlag an der Decke sehen, das an der Lenkung/Fahrfähigkeit verantwortlich ist.

Elektrizität im Prater
Autodrom: Der Boden wird elektrisch geladen und das Auto wird möglicherweise durch die Fahne, die elektrisch veranlagt ist, geladen. Durch das Einwerfen der Münze ~~ist~~ ist es erst möglich das Auto zu steuern.
Space Shuttle: Die Elektrizität wird nach oben geschickt und dadurch steigt das Space Shuttle auf.
Geisterbahn: Durch Elektrizität bewegen sich die Räder und der Zug wird gesteuert durch Reibung. Die Elektrizität ermöglicht das Rauspringen von Skeletten und Bewegungen von Monstern / Zombies.

Immerhin hat die Schülerin richtig erkannt, dass die „Geistereffekte“ in der Geisterbahn durch elektrische Schaltkreise ausgelöst werden.

Ein Schüler hatte offenbar bereits zu Beginn dieses Kapitels richtige Vorstellungen über den Einsatz des elektrischen Stromes bei den Praterattraktionen.

Elektrizität im Prater
Autodrom - Strom fließt im Netz über den Fahrbahnen; Die Autos erhalten den Strom über Leitern, die hinten befestigt sind;
Spielhalle - die Automaten
Beleuchtung - Serienschaltung, Parallelschaltung, etc.
Soundanlagen
Geisterbahn - Elektrische Kontakte, "Special effects", Laserrot

4.2 Ergebnisse der Messdatenauswertung, Arbeitsblätter

4.2.1 Allgemeines zur Gestaltung dieses Abschnitts

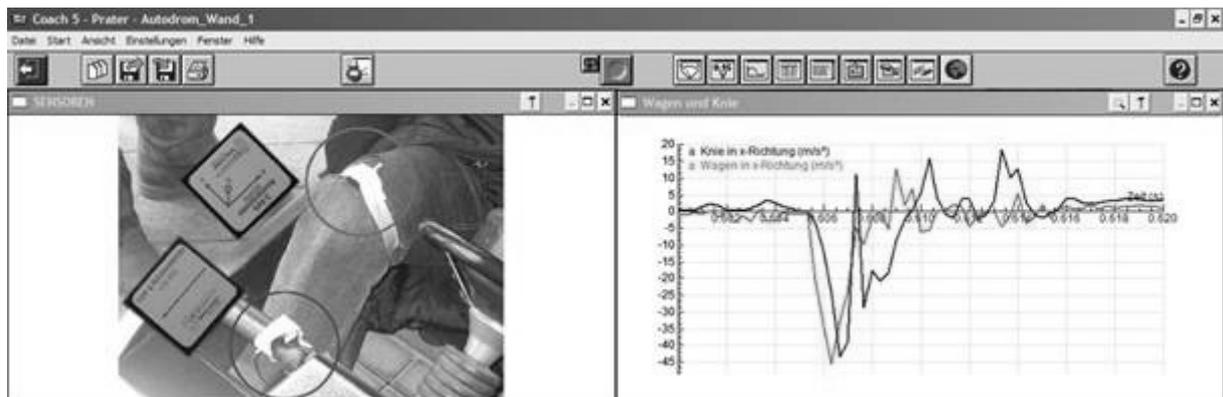
Die Arbeitsblätter der Schüler/innen sind hier aus Platzgründen nicht abgebildet. Es sind die Lösungen in roter Farbe eingetragen. Mit der Software Coach kann man Projekte gestalten, bei denen nicht nur die ausgewerteten Daten ersichtlich sind, sondern auch Fotos, Videos und Erklärungstexte.

Die angegebenen Dateinamen beziehen sich auf Videosequenzen, die den Schüler/innen im Unterrichtsnetzwerk zur Verfügung standen. Eine CD-ROM mit den Arbeitsblättern und Videosequenzen kann beim Autor dieser Dokumentation angefordert werden.

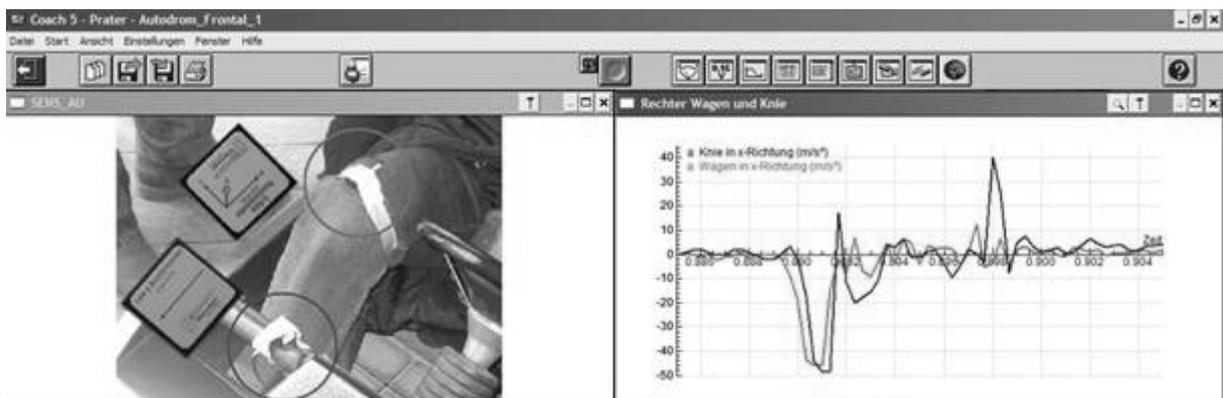
4.2.2 Autodrom

4.2.2.1 Auswertung der Messdaten des Beschleunigungsmessers:

1. Anprall an die Wand. Sensoren am Wagen und am Knie der Fahrerin.



2. Frontalzusammenstoß

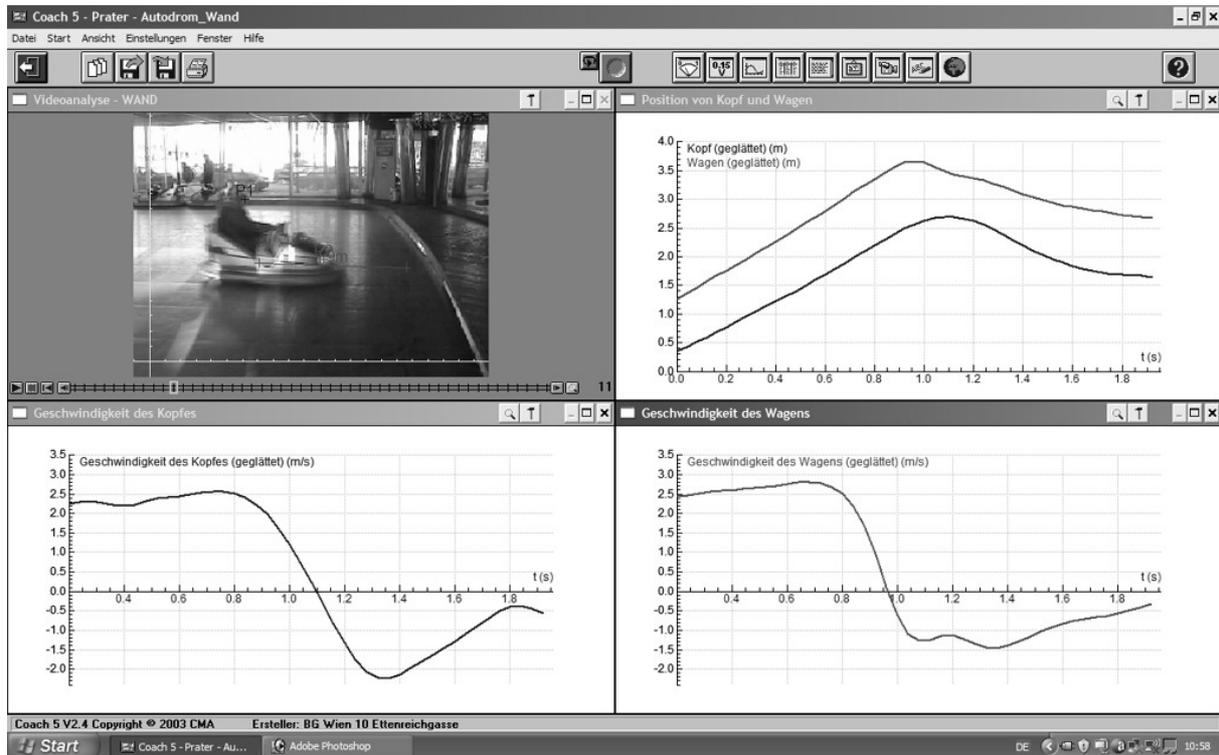


Aus den beiden Diagrammen erkennt man, dass die Beschleunigungswerte beim Anprall an die Wand und beim Frontalzusammenstoß nahezu identisch sind.

In beiden Fällen wurde das Knie erst 500 Mikrosekunden (!) später abgebremst.

4.2.2.2 Videoanalyse der Autodromfahrten:

Ergebnis für Anprall an der Wand:



Dazu das Arbeitsblatt zur Interpretation des Ergebnisses:

Diskutiere die einzelnen Graphen

Das Mädchen fährt mit dem Autodrom frontal gegen die Wand.

Das Diagramm rechts oben zeigt das Weg/Zeit-Diagramm für den Kopf und die vordere Leuchte des Wagens.

Die beiden unteren Diagramme zeigen den Geschwindigkeitsverlauf des Kopfes (links) und der Leuchte des Wagens (rechts).

Entnimm die Werte aus dem Diagramm und ergänze:

Beginn des Zusammenstoßes: $0,75$ s

Reflexion des Wagens: $0,96$ s

Kopf

$$v = 2,5 \text{ m/s} = 9 \text{ km/h}$$

$$\text{Bremsverzögerung: } \Delta t = 1,1 - 0,8 \text{ s} = 0,3 \text{ s}$$

$$\text{Bremsverzögerung: } a = \Delta v / \Delta t = 2,5 / 0,3 \text{ m/s}^2 = 8,3 \text{ m/s}^2$$

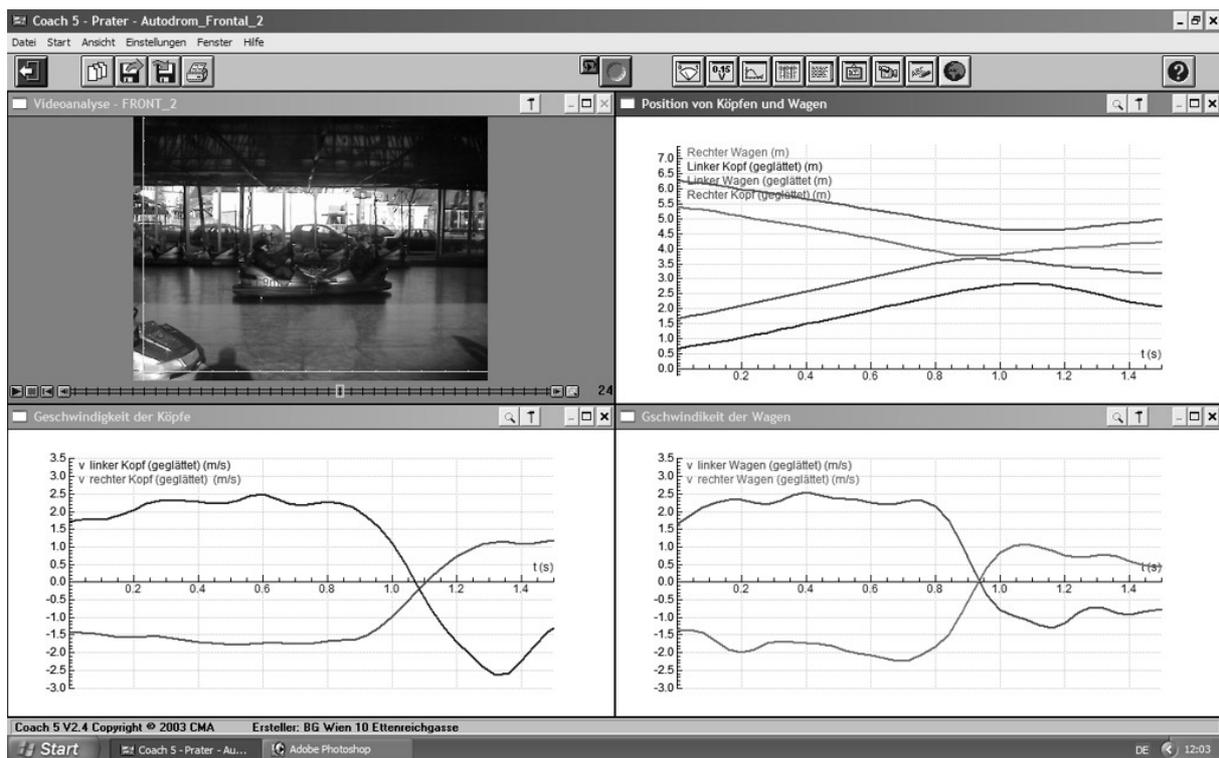
Wagen

$$v = 2,6 \text{ m/s} = 9,36 \text{ km/h}$$

$$\text{Bremsverzögerung: } \Delta t = 0,96 - 0,7 \text{ s} = 0,26 \text{ s}$$

$$\text{Bremsverzögerung: } a = \Delta v / \Delta t = 2,6 / 0,26 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$$

Auswertung des Frontalzusammenstoßes:



Das Arbeitsblatt dazu enthält das Ergebnis des Vergleichs der beiden Zusammenstöße:

Diskutiere die einzelnen Graphen

Der Bursche und das Mädchen lenken ihre Wagen direkt aufeinander.

Das Diagramm rechts oben zeigt das Weg/Zeit-Diagramm für den Kopf der beiden Personen und die vordere Leuchte des Wagens.

Warum haben die beiden unteren Graphen zuerst eine positive und die beiden oberen Graphen eine negative Steigung und dann jeweils umgekehrt?

Die beiden unteren Kurven zeigen die Bewegung des linken Wagens/Kopfes, die sich vom Ursprung des Koordinatensystems wegbewegen und nach dem Zusammenstoß wieder nähern.

Die beiden oberen Kurven zeigen die Bewegung des rechten Wagens/Kopfes, die sich dem Ursprung des Koordinatensystems annähern und nach dem Zusammenstoß wieder entfernen.

Warum berühren die beiden inneren Graphen einander und die beiden äußeren nicht?

Die beiden inneren Graphen zeigen die Wagen, die sich beim Zusammenstoß direkt berühren, die beiden äußeren die Köpfe, die einander nicht berühren.

Die beiden unteren Diagramme zeigen den jeweiligen Geschwindigkeitsverlauf der Köpfe und Leuchten der Wagen.

Welche Art von Bewegung haben die Wagen und die Köpfe ausgeführt?

Anfangs annähernd gleichförmig, dann gleichmäßig verzögert, dann annähernd gleichförmig.

Was passiert dort, wo sich die Graphen schneiden?

Umkehr der Bewegungsrichtung (Die Geschwindigkeit ist kurzzeitig Null).

Entnimm die Werte aus dem Diagramm und ergänze:

Beginn des Zusammenstoßes: $0,75\text{ s}$

Reflexion der Wagen: $0,93\text{ s}$

Linker Wagen

$v = 2,3\text{ m/s} = 8,3\text{ km/h}$

Bremszeit: $\Delta t = 0,93 - 0,75\text{ s} = 0,18\text{ s}$

Bremsverzögerung: $a = \Delta v / \Delta t = 2,3 / 0,18\text{ m/s}^2 = 12,8\text{ m/s}^2$

Rechter Wagen

$v = 2,0\text{ m/s} = 7,2\text{ km/h}$

Bremszeit $\Delta t = 0,93 - 0,75\text{ s} = 0,18\text{ s}$

Bremsverzögerung: $a = \Delta v / \Delta t = 2,0 / 0,18\text{ m/s}^2 = 11,1\text{ m/s}^2$

Linker Kopf

$v = 2,3\text{ m/s} = 8,3\text{ km/h}$

Bremszeit $\Delta t = 0,85\text{ s}$ bis $1,07\text{ s} = 0,22\text{ s}$

Bremsverzögerung: $a = \Delta v / \Delta t = 2,3 / 0,22\text{ m/s}^2 = 10,5\text{ m/s}^2$

Rechter Kopf

$v = 1,7\text{ m/s} = 6,1\text{ km/h}$

Bremszeit $\Delta t = 0,85\text{ s}$ bis $1,07\text{ s} = 0,22\text{ s}$

Bremsverzögerung: $a = \Delta v / \Delta t = 1,7 / 0,22\text{ m/s}^2 = 7,7\text{ m/s}^2$

Vergleiche die Ergebnisse mit den Daten aus dem Arbeitsblatt „Autodrom Wand“.

Diskutiere die Frage: Entspricht ein Frontalzusammenstoß zweier gleicher Fahrzeuge mit entgegengesetzter gleicher Geschwindigkeit in seiner Wirkung dem Aufprall eines gleichen Fahrzeuges mit doppelter Geschwindigkeit gegen eine feste Mauer?

Ja, dies ist der Fall!

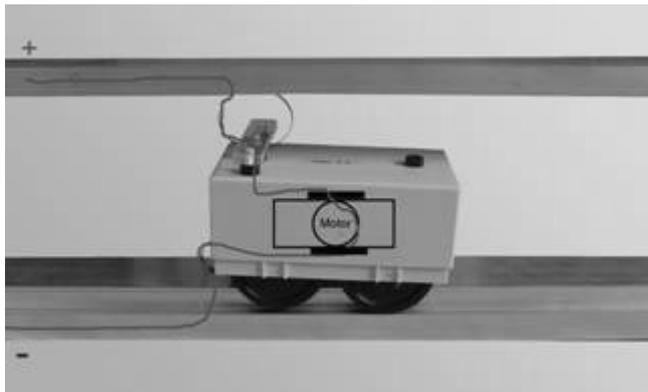
4.2.2.3 Arbeitsblatt Elektrik – Autodrom



Überlege den Weg des Stromes beim Autodrom.

Der Strom fließt von der Spannungsquelle über das Drahtnetz und den Stromabnehmer an der Wagenstange über den Motor und den Schleifkontakt am Boden des Autodroms zur Bodenplatte und von dort wieder zur Spannungsquelle zurück.

Zeichne den Weg des Stromes im Foto des Modell-Autodroms ein.

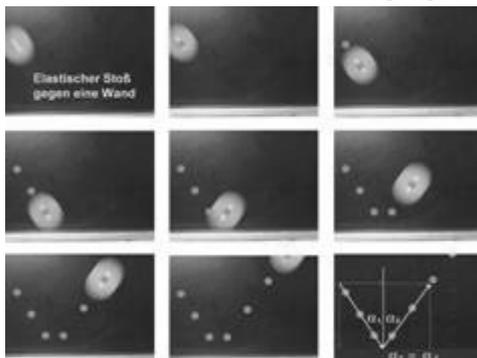


Warum sieht man öfters beim fahrenden Autodrom Funken am oberen Netz bzw. auf der Bodenplatte?

Die Funken entstehen dann, wenn bei schlechterem mechanischem Kontakt der elektrische Widerstand so groß wird, dass der Stromfluss kurzzeitig über die Luft erfolgt.

4.2.3 Airhockey

4.2.3.1 Elastischer Stoß gegen die Wand



Die aus dem Video gewonnene PowerPoint-Datei funktioniert wie ein Trickfilm und macht die Spur des Pucks erkennbar.

Man sieht, dass auch für den elastischen Stoß des Pucks gegen eine Wand das Reflexionsgesetz gilt:

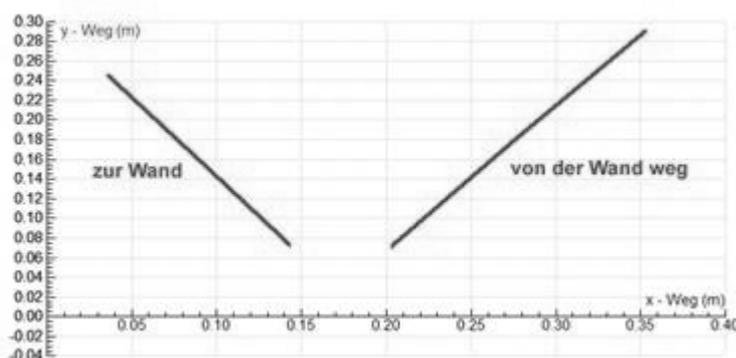
Reflexionswinkel ist gleich Einfallswinkel.

In der Folge erhielten die Schüler/innen den Auftrag, aus dem Video ein Weg/Zeit-Diagramm der Scheibe durch Videoanalyse mit Coach zu erzeugen (`v_airhre.avi`).

Arbeitsblatt dazu:

Beobachte den Graphen der Scheibe und skizziere ihn.

Lösung:



Was ist über die Steigung der beiden Geraden zu sagen?

Die Steigungen der beiden Geraden sind annähernd entgegengesetzt gleich.

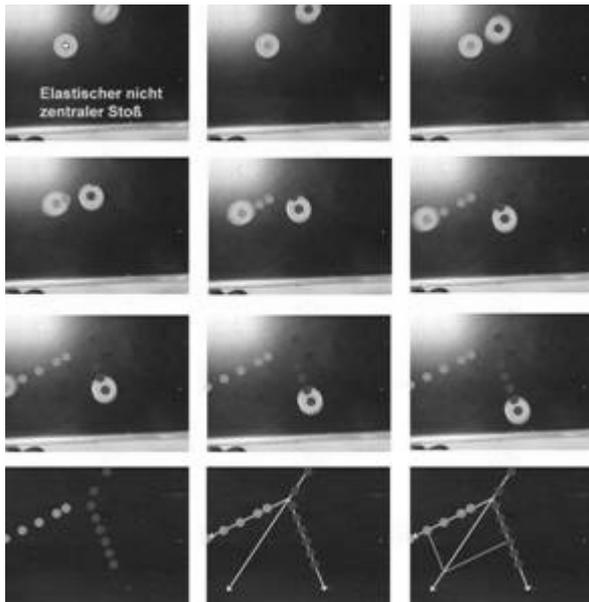
Was ist über Einfallswinkel bzw. Reflexionswinkel zu sagen:

Sind beide gleich groß.

An welches aus der Optik bekanntes Gesetz erinnert dieses Verhalten?

Reflexionsgesetz (Einfallswinkel = Ausfallswinkel).

4.2.3.2 Elastischer nicht zentraler Stoß



Analog zum vorigen Experiment wurde auch hier ein „Trickfilm“ erstellt und als PowerPoint-Datei gespeichert.

Der Winkel, unter dem die beiden Pucks sich voneinander weg bewegen, sollte auf Grund des Satzes von der Erhaltung der Energie ein rechter Winkel sein.

Dass die Bewegungsrichtung der beiden Pucks nach dem Stoß nicht exakt unter einem rechten Winkel erfolgt, ist auf die in der Realität wesentlich komplizierteren Vorgänge (Rotationsenergie, Reibung, ...) zurückzuführen.

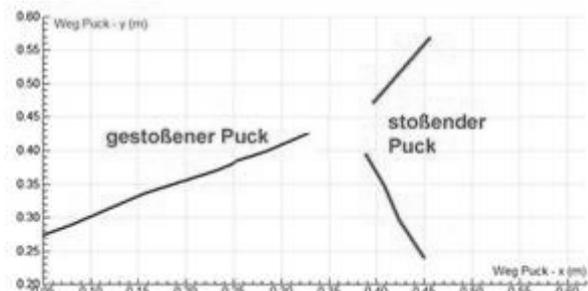
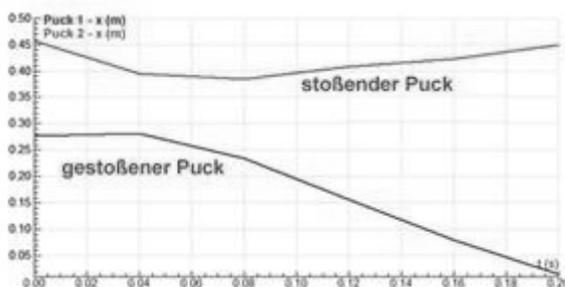
Zusätzlich erhielten die Schüler/innen den Auftrag, aus dem Video ein Weg/Zeit-Diagramm der beiden Scheiben durch Videoanalyse mit Coach zu erzeugen (v_airhznz.avi).

Arbeitsblatt dazu:

Beobachte die Scheiben und skizziere ihre Bahnen in einem Weg/Zeit-Diagramm.

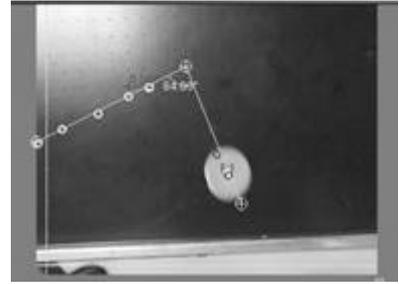
Zeichne (mit Hilfe der Auswertung der Videoanalyse) die Bahnen, die die Mittelpunkte der beiden Scheiben zurücklegen, in ein x/y-Diagramm ein.

Lösung:



Beobachte die Bewegungsrichtungen der beiden Scheiben nach dem Stoß.

Miss mittels dem in Coach enthaltenen Winkelmesser den Winkel α , den die Bewegungsrichtungen der beiden Scheiben nach dem Stoß einschließen.



$\alpha = \text{ca. } 85 \text{ Grad}$

Diskutiere für diesen Fall die Anwendung des Impulssatzes und Energieerhaltungssatzes.

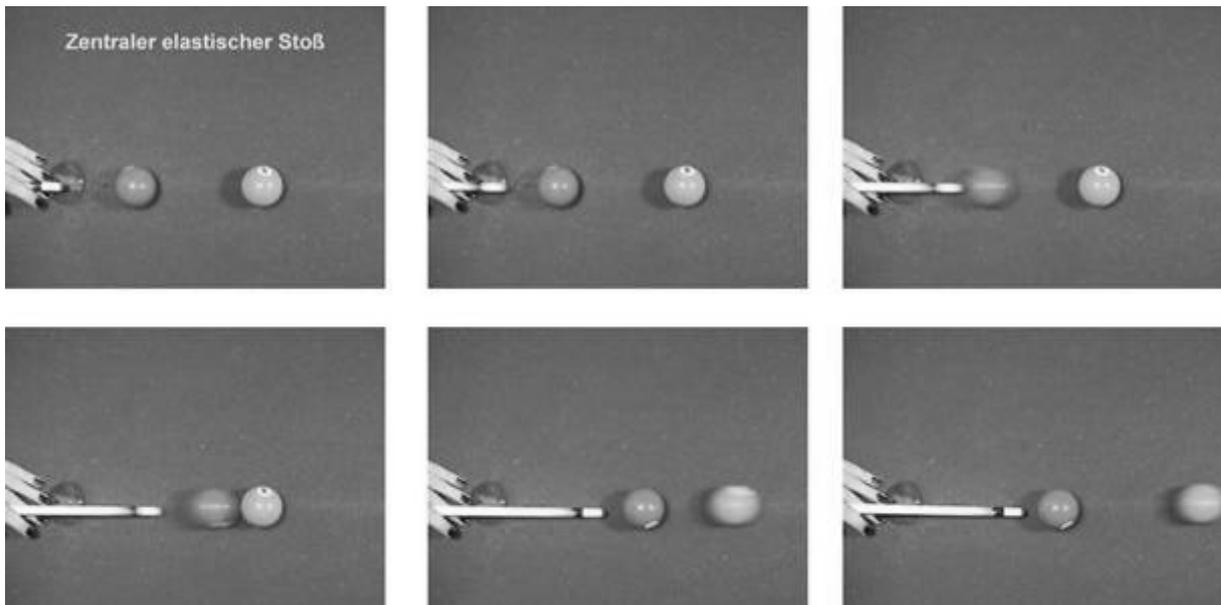
Auf Grund des Impulssatzes könnten die beiden Scheiben auch unter einem stumpfen Winkel voneinander weg gleiten.

Aber auf Grund des Energieerhaltungssatzes ($mv^2/2 = m_1 v_1^2/2 + m_2 v_2^2/2$) müssen sie unter einem rechten Winkel (Thaleskreis) voneinander weg gleiten.

4.2.4 Billard

4.2.4.1 Zentraler elastischer Stoß

Die rechte Kugel liegt zu Beginn, wird dann angestoßen und bewegt sich weg. Dafür bleibt die linke Kugel liegen.



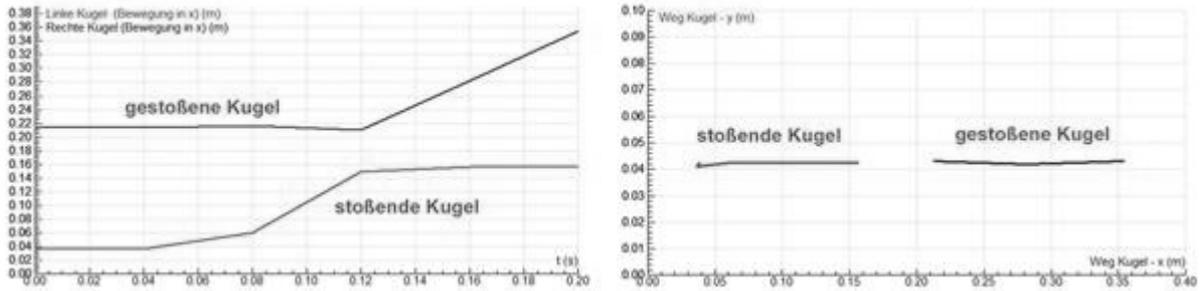
Zur Videoanalyse der Sequenz (v_Bil_ze.avi) erhielten die Schüler/innen das folgende Arbeitsblatt.

Beobachte die beiden Kugeln und skizziere ihre Bahnen in einem Weg/Zeit-Diagramm.

Zeichne (mit Hilfe der Auswertung der Videoanalyse) die Bahnen, die die Mittelpunkte der beiden Billardkugeln zurücklegen in ein x/y-Diagramm ein.

Was ist über die Steigung der Geraden zu sagen?

Die Steigungen der Geraden sind annähernd gleich.
Lösung:



Versuche mit Hilfe der Videoauswertung die Geschwindigkeit der beiden Kugeln vor und nach dem Stoß zu bestimmen.

v_1 vor dem Stoß: **2,2 m/s**

v_2 vor dem Stoß: **0 m/s**

v_1 nach dem Stoß: **0 m/s**

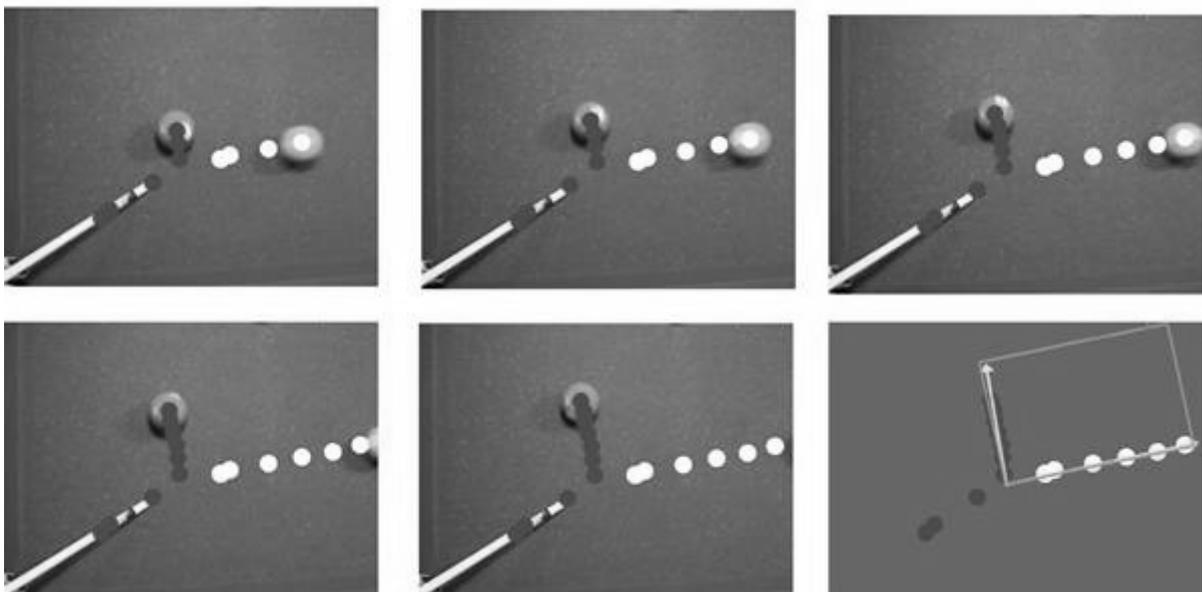
v_2 nach dem Stoß: **1,5 m/s**

Was für ein Ergebnis hast du vom Unterricht her erwartet? Versuche eine Erklärung zu finden, wenn das Ergebnis von deiner Erwartung abweicht.

v_1 vor dem Stoß und v_2 nach dem Stoß sollten gleich sein.

Beim Stoß ist nicht die gesamte Bewegungsenergie in die translatorische Bewegungsenergie übergegangen (Verluste durch Rotationsenergie, Reibung,...).

4.2.4.2 Nicht zentraler elastischer Stoß



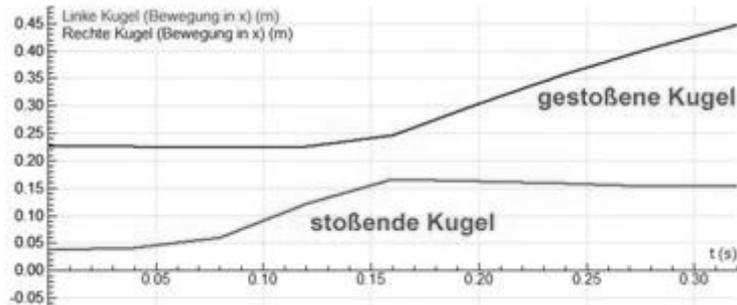
Der Winkel, unter dem die beiden Kugeln sich voneinander weg bewegen, sollte auf Grund des Satzes von der Erhaltung der Energie ein rechter Winkel sein. Dies wird durch Überlagerung eines Rechtecks im letzten Bild veranschaulicht.

Dass die Bewegungsrichtung der beiden Kugeln nach dem Stoß nicht exakt unter einem rechten Winkel erfolgt, ist auf die in der Realität wesentlich komplizierteren Vorgänge (Rotationsenergie, Reibung, ...) zurückzuführen.

Zur Videoanalyse wurden in einem Arbeitsblatt Fragen gestellt:

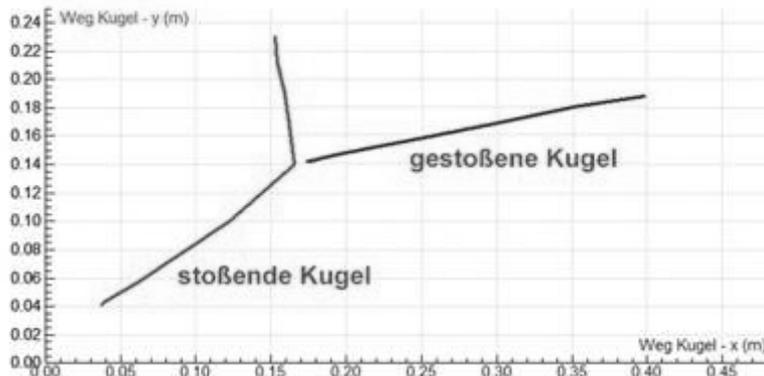
Beobachte die beiden Kugeln und skizziere ihre Bahnen in einem Weg/Zeit-Diagramm.

Lösung:

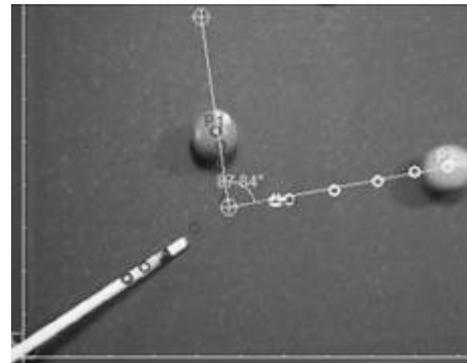


Beobachte die Bewegungsrichtungen der beiden Kugeln nach dem Stoß. Trage die Bahnen, die die Mittelpunkte der beiden Kugeln zurücklegen, in ein x/y-Diagramm ein.

Lösung:



Miss mittels dem in Coach enthaltenen Winkelmesser den Winkel α , den die Bewegungsrichtungen der beiden Kugeln nach dem Stoß einschließen.



$\alpha = \text{ca. } 88 \text{ Grad}$

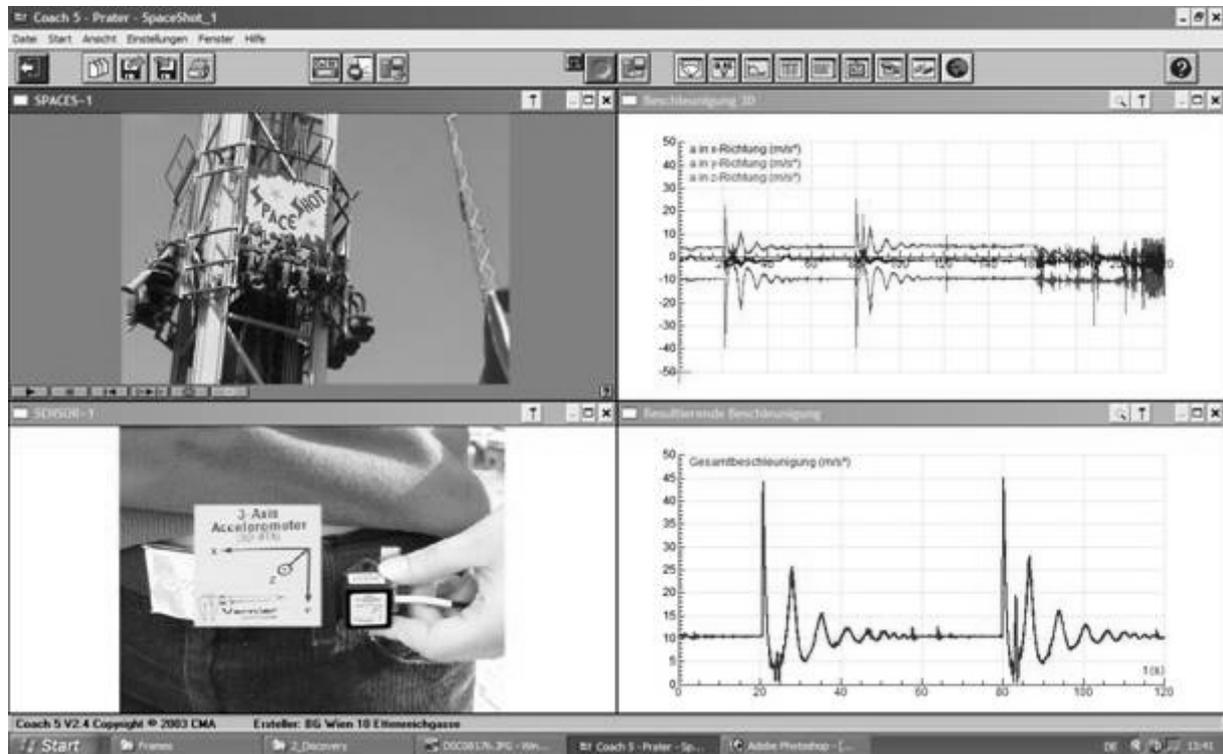
Diskutiere für diesen Fall die Anwendung des Impulssatzes und Energieerhaltungssatzes.

Auf Grund des Impulssatzes könnten die beiden Kugeln auch unter einem stumpfen Winkel voneinander wegrollen.

Aber auf Grund des Energieerhaltungssatzes ($mv^2/2 = m_1 v_1^2/2 + m_2 v_2^2/2$) müssen sie unter einem rechten Winkel (Thaleskreis) voneinander wegrollen.

4.2.5 Space Shot

4.2.5.1 Auswertung der Messwerte des Beschleunigungsmessers



Im Arbeitsblatt dazu wurden unter anderem die Beschleunigungswerte aus den Diagrammen abgelesen und interpretiert.

Diskutiere das Gesamtbeschleunigungsdiagramm (rechts unten).

Wie viele „Shots“ wurden aufgezeichnet?

Anzahl der aufgezeichneten „Shots“: 2

Wie lang war die Periodendauer T der bei jedem „Shot“ aufgetretenen Auf- und Abbewegung?

$T = \text{ca. } 7,5 \text{ s}$

Wie groß war die maximal gemessene Beschleunigung a ?

$a = 45 \text{ m/s}^2$

Mit welcher Beschleunigung wurde die Fahrgastkabine laut Beschleunigungsdiagramm maximal beschleunigt?

$a = 35 \text{ m/s}^2 = 3,5 \text{ g}$

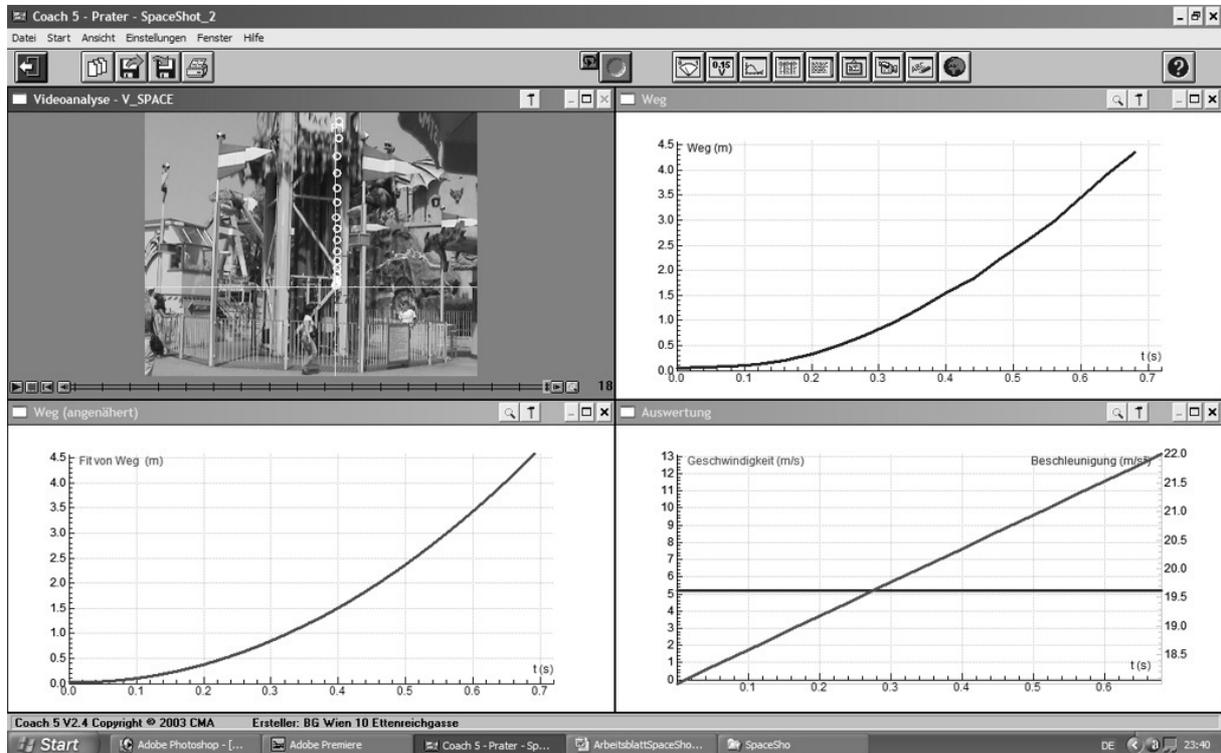
Warum wurde nie die Beschleunigung Null gemessen, wie dies beim freien Fall eintritt?

Da die Fahrgastkabine maschinell hinab bewegt wurde.

4.2.5.2 Videoanalyse des Startvorgangs

Durch **Videoanalyse** mit Coach wurde die während des ersten Starts auftretende **Beschleunigung a** der Fahrgastkabine bestimmt (Filename: V_Space.avi).

Das Ergebnis betrug $a = 19,6 \text{ m/s}^2$

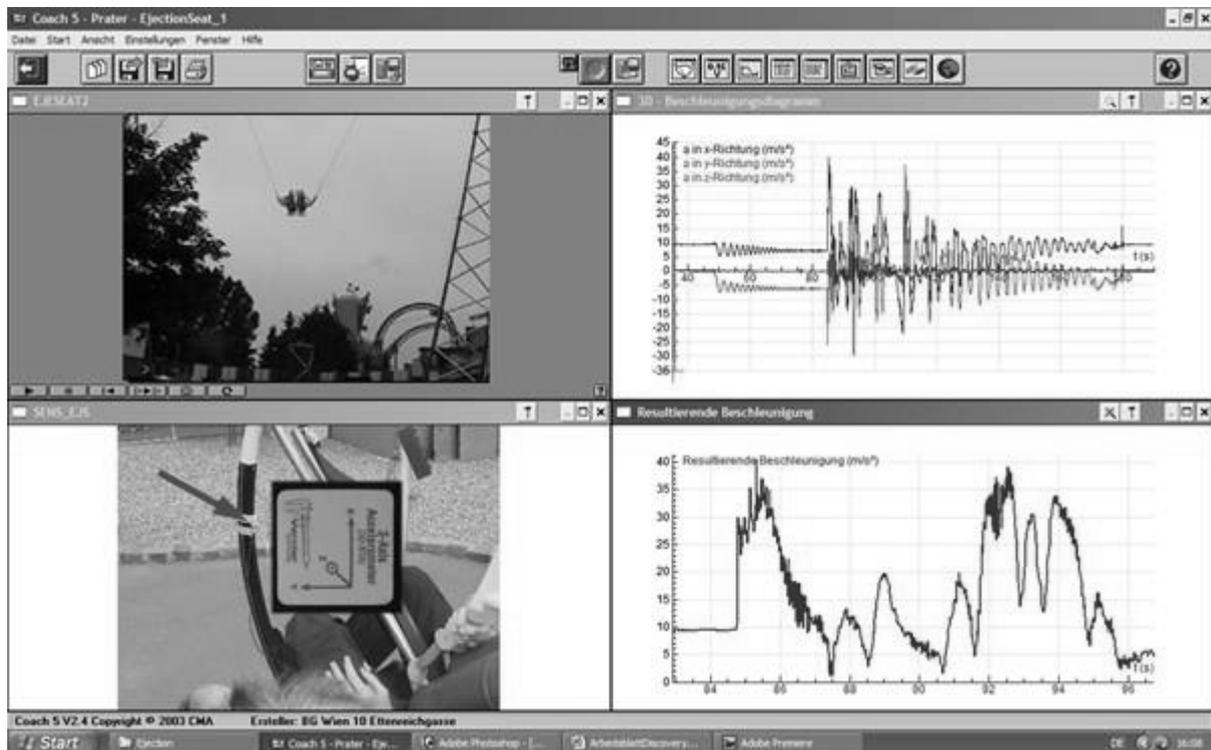


In der Abbildung stellt der blaue Graph rechts oben den Weg dar, wie er aus der Videoanalyse gewonnen wird. Der grüne Graph links unten ist das Ergebnis nach Anwendung der Funktion „Fit“ in Coach. Rechts unten in rot ist das Geschwindigkeitsdiagramm, das durch Differenziation gewonnen wurde. Da man eine Gerade erhält, handelt es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

Nochmaliges Differenzieren ergibt den violetten Graphen für die konstante Beschleunigung.

4.2.6 Ejection Seat

Arbeitsblatt zum Beschleunigungssensor



Diskutiere das 3D-Beschleunigungsdiagramm (rechts oben).

Das Diagramm zeigt den gesamten Vorgang vom Abheben der Kugel bis zur darauf folgenden Ruhelage.

Vergleiche die drei a/t -Diagramme für die einzelnen Raumachsen mit der Orientierung des Sensors, der am Rahmen der Kugel befestigt war.

Wie groß war die maximale gemessene Beschleunigung a ?

$$a = 40 \text{ m/s}^2 = 4 g$$

Diskutiere das Gesamtbeschleunigungsdiagramm (rechts unten).

Beachte: Das Diagramm zeigt einen kleinen Zeitausschnitt aus dem oberen Diagramm.

Wie groß war die tatsächliche Startbeschleunigung a ?

$$a = 40 \text{ m/s}^2 - g = 30 \text{ m/s}^2 = 3 g$$

Zwischen welchen Werten hat die Gesamtbeschleunigung auf den Körper des Burschen variiert?

$$a_{\min} = 2 \text{ m/s}^2 \qquad a_{\max} = 40 \text{ m/s}^2$$

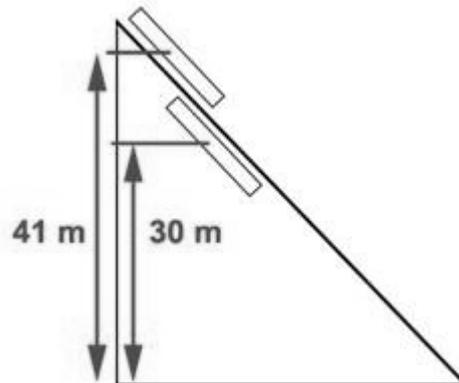
Warum wurde nie die Beschleunigung Null gemessen, wie dies beim freien Fall eintritt?

Da die Kapsel beim Fallen die Seile immer mehr gespannt hat.

Zur Videoanalyse mit den Schüler/innen reichte die Zeit nicht aus. Ein entsprechendes Video ist jedoch vorhanden (v_eject.avi). Man erhält einen Beschleunigungswert von $a = 35 \text{ m/s}^2$

4.2.7 Boomerang

4.2.7.1 Arbeitsblatt zur Bestimmung der Höhe und der Geschwindigkeit



Bestimme die **Höhe der Plattform** über dem Boden.

Führe die Messung auf zwei Arten durch:

1. Theodolit und Maßband

Gemessen: Basisstrecke: 110 m Winkel: 23 Grad

Höhe der Messeinrichtung über Boden: 1,5 m

Berechnete Höhe: 46 m

2. Optischer Entfernungsmesser

Gemessen: Basisstrecke: 110 m Beobachter - Plattform: 120 m

Berechnete Höhe: 45 m

Die Fotomontage zeigt die Ausgangsposition der Wagenkette vor der Abfahrt (links) und unmittelbar nach Erreichen der Höhe (rechts), **bevor** die Wagenkette wieder von einem Motor hochgezogen wird.

Verwende die Skizze (rechts oben) zur Abschätzung der Höhe der Massenmittelpunkte über dem Boden **vor** (Ausgangshöhe) und **nach** (Endhöhe) der Fahrt.

Ausgangshöhe: ca. 41 m Endhöhe: ca. 30 m

Auf wie viel Prozent der Ausgangshöhe (ungefähr) kommt die Wagenkette aus eigener Kraft?

Die Endhöhe beträgt ca. 73 % der Ausgangshöhe. Die Verluste betragen daher etwa: 27 %

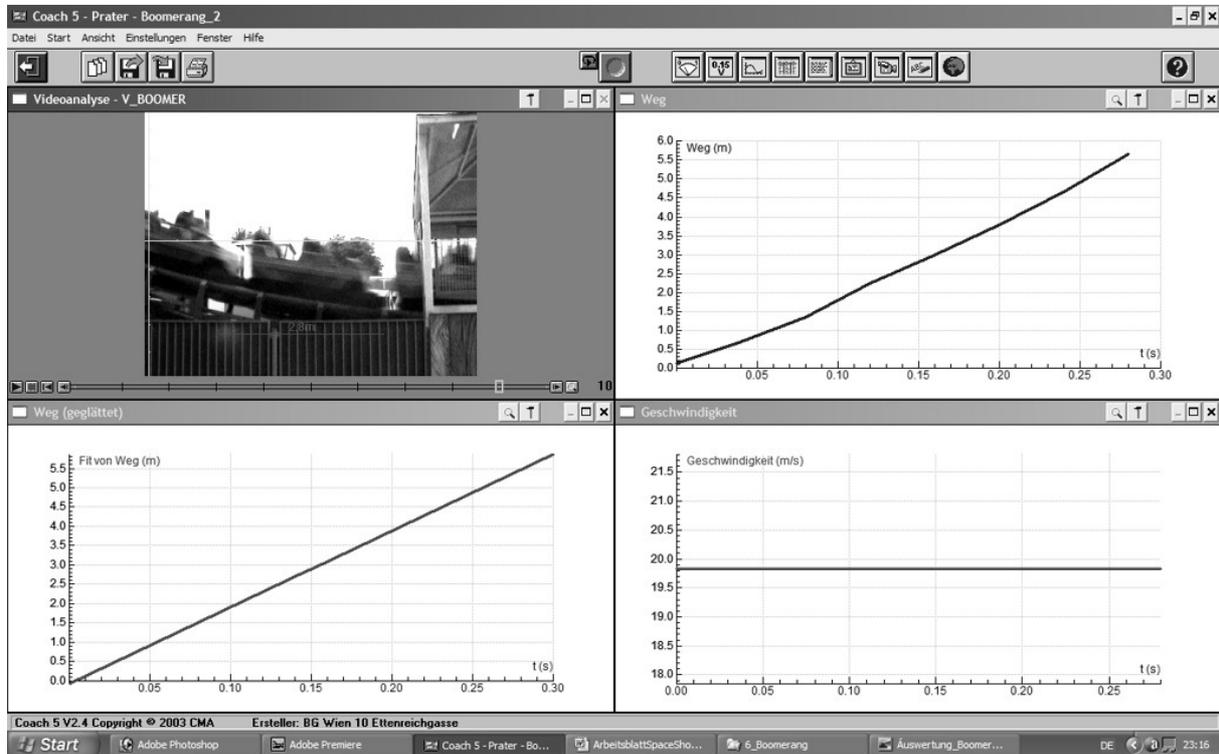
Welche Geschwindigkeit kann die Wagenkette maximal erreichen? (Bedenke: Die Lageenergie wird in Bewegungsenergie umgewandelt). Die Formel für v lautet:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Die **maximal mögliche Geschwindigkeit v** kann daher nur **28,6 m/s** betragen.

4.2.7.2 Videoanalyse eines Fahrtabschnitts

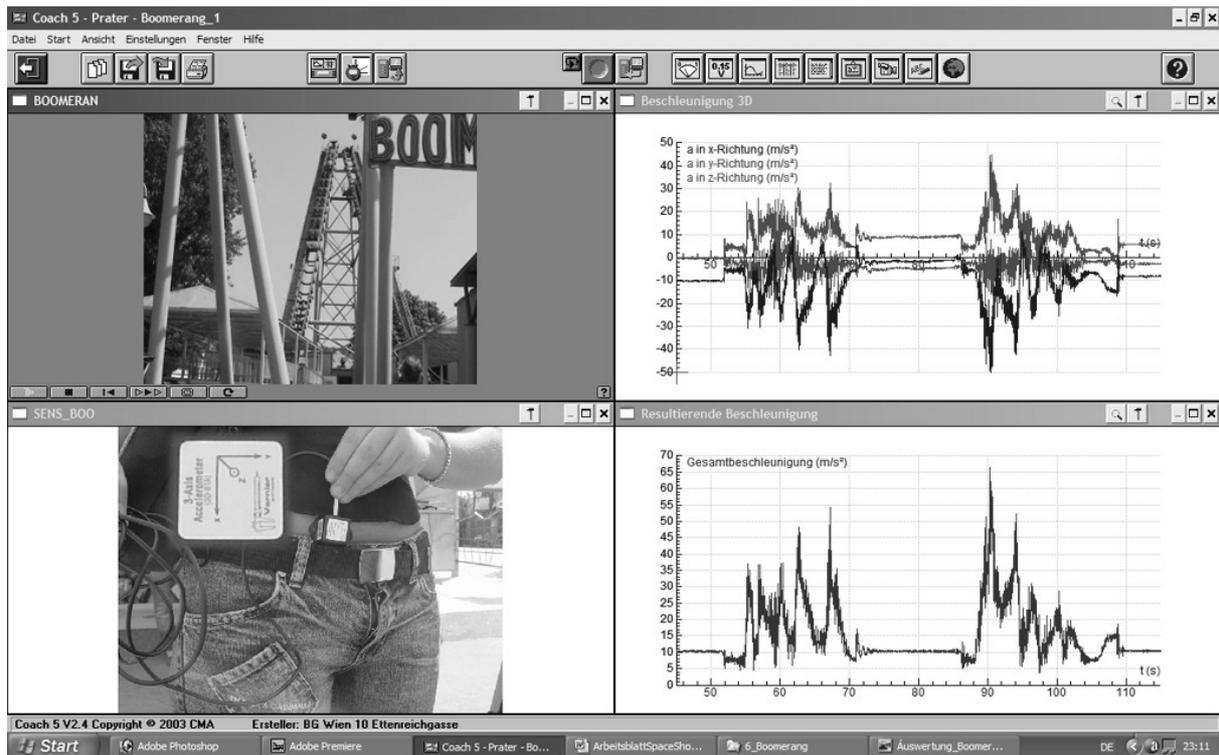
Durch Videoanalyse mit Coach wurde die tatsächlich beobachtete Maximalgeschwindigkeit ermittelt (Filename: V_Boomer.avi). Analysiert wurde jener Abschnitt der Fahrt, in dem sich die Wagen bereits horizontal bewegen und daher nicht mehr beschleunigt werden.



Der blaue Graph rechts oben stellt den Weg dar, wie er aus der Videoanalyse gewonnen wird. Der grüne Graph links unten ist das Ergebnis nach Anwendung der Funktion „Fit“ in Coach. Rechts unten in rot ist das Geschwindigkeitsdiagramm, das durch Differenziation gewonnen wurde. Daraus ablesbar ist, dass es sich annähernd um eine gleichförmige Bewegung handelt, da sich die Geschwindigkeit nicht ändert.

Die Maximalgeschwindigkeit beträgt $V_{\max} = 19,8 \text{ m/s}$

4.2.7.3 Messdaten des Beschleunigungssensors



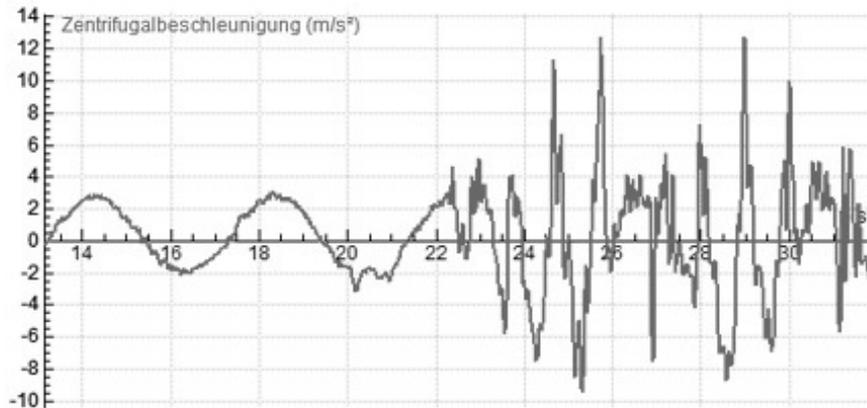
Da es sich um einen 3D-Sensor handelte, erhielt man 3 von einander unabhängige Beschleunigung/Zeit-Diagramme. Die Vektorsumme daraus ist im Diagramm unten rechts aufgetragen. Man kann daraus die beiden Bewegungsabschnitte erkennen, da die Wagen zweimal in die Höhe gezogen werden. Die großen Beschleunigungswerte stammen vom Bergab-Fahren und von den Kurven.

4.2.8 Tagada

Die Messdaten des 3D-Beschleunigungssensors ergaben 3 Beschleunigung/Zeit-Diagramme, aus denen die resultierende Beschleunigung gewonnen wurde.

Aus dem Beschleunigung/Zeit-Diagramm wurde die Umlaufdauer des Karussells ermittelt.

Das Arbeitsblatt dazu::



Lies aus dem Anfang des Zentrifugalbeschleunigungsdiagramms die Dauer T für eine Umdrehung ab.

$$T = 4 \text{ s}$$

Der Gesamtdurchmesser $2r$ des Drehteils beträgt 6,8 m.
Berücksichtige dabei die Position des Mädchens!

Berechne die auftretende Zentrifugalbeschleunigung a_z .

$$a_z = \omega^2 \cdot r = (2 \cdot \pi / T)^2 \cdot r = (40 / 16) \cdot 6$$

$$a_z = 15 \text{ m/s}^2$$

Bestimme durch Einzeichnen in dem nebenstehendem Bild den Winkel, unter dem das Mädchen zum Boden geneigt ist.

$$\alpha = 35 \text{ Grad}$$

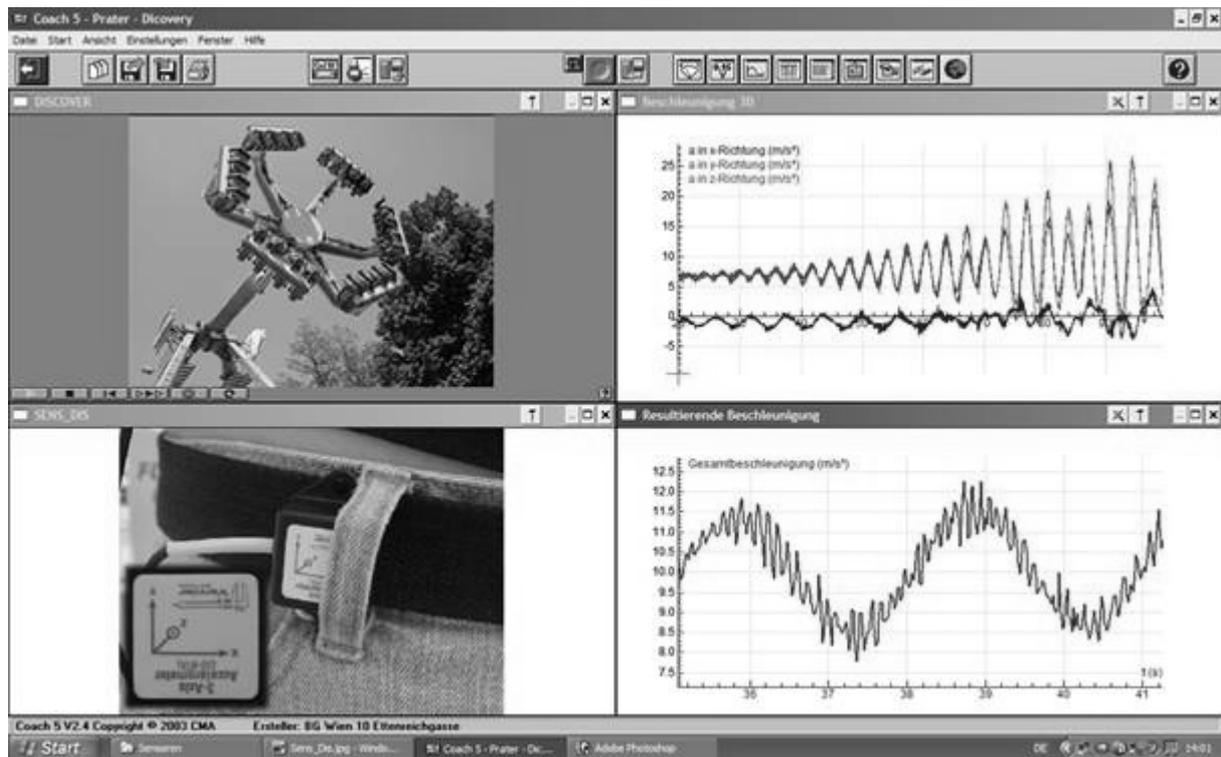
Schätze daraus grafisch die ungefähre Zentrifugalbeschleunigung a_z ab.

$$a_z = 5 \text{ m/s}^2$$



Bedenke, dass das Mädchen wahrscheinlich nicht an die Grenze der Standfestigkeit geht und daher der abgelesene Winkel nicht der Zentrifugalbeschleunigung entsprechen muss.

4.2.9 Discovery - Arbeitsblatt



Diskutiere das 3D-Beschleunigungsdiagramm (rechts oben).

Das Diagramm zeigt mehr als 20 „Pendelschwingungen“ des Dreharmes mit dem 6-strahligen Stern.

Vergleiche die drei a/t -Diagramme für die einzelnen Raumachsen mit der Orientierung des Sensors, den das Mädchen am Gürtel befestigt hatte.

Wie groß war die maximale gemessene Beschleunigung a und in welcher Richtung ist sie aufgetreten?

$a = 27 \text{ m/s}^2$ In welcher Richtung hat sie gewirkt? *Normal zur Körperachse*

Diskutiere das Gesamtbeschleunigungsdiagramm (rechts unten).

Beachte: Das Diagramm zeigt einen kleinen Zeitausschnitt aus dem oberen Diagramm.

Wie groß war die Schwingungsdauer T für eine vollständige Hin- und Herbewegung des Dreharmes?

$T = \text{ca. } 3 \text{ s}$

Um wie viel wurde das Mädchen „leichter“ bzw. „schwerer“ während einer Schwingung in diesem Zeitabschnitt?

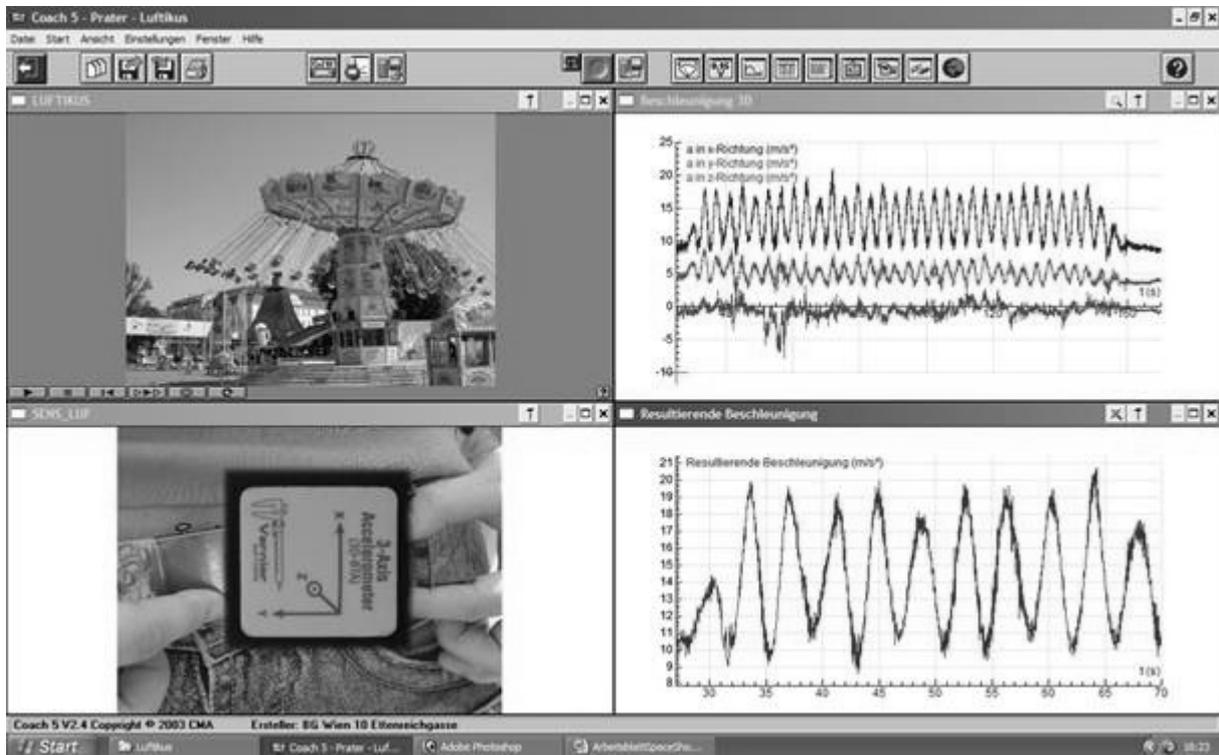
Die „Gewichtsänderung“ betrug etwa: 20 %

Warum zeigt das Beschleunigungsdiagramm keinen reinen Sinusverlauf?

Der Schwingung des Dreharmes ist noch eine Drehbewegung der Sitzplätze überlagert.

4.2.10 Luftikus

4.2.10.1 Arbeitsblatt zu den Beschleunigung/Zeit-Diagrammen



Diskutiere das 3D-Beschleunigung/Zeit-Diagramm (rechts oben).

Das Diagramm zeigt den gesamten Verlauf einer Fahrt auf diesem Karussell.

Vergleiche die drei a/t -Diagramme für die einzelnen Raumachsen mit der Orientierung des Sensors, den das Mädchen am Gürtel befestigt hatte.

Diskutiere das Gesamtbeschleunigung/Zeit-Diagramm (rechts unten).

Beachte: Das Diagramm zeigt einen kleinen Zeitausschnitt aus dem oberen Diagramm.

Wie groß war die maximale und die minimale resultierende Beschleunigung a ?

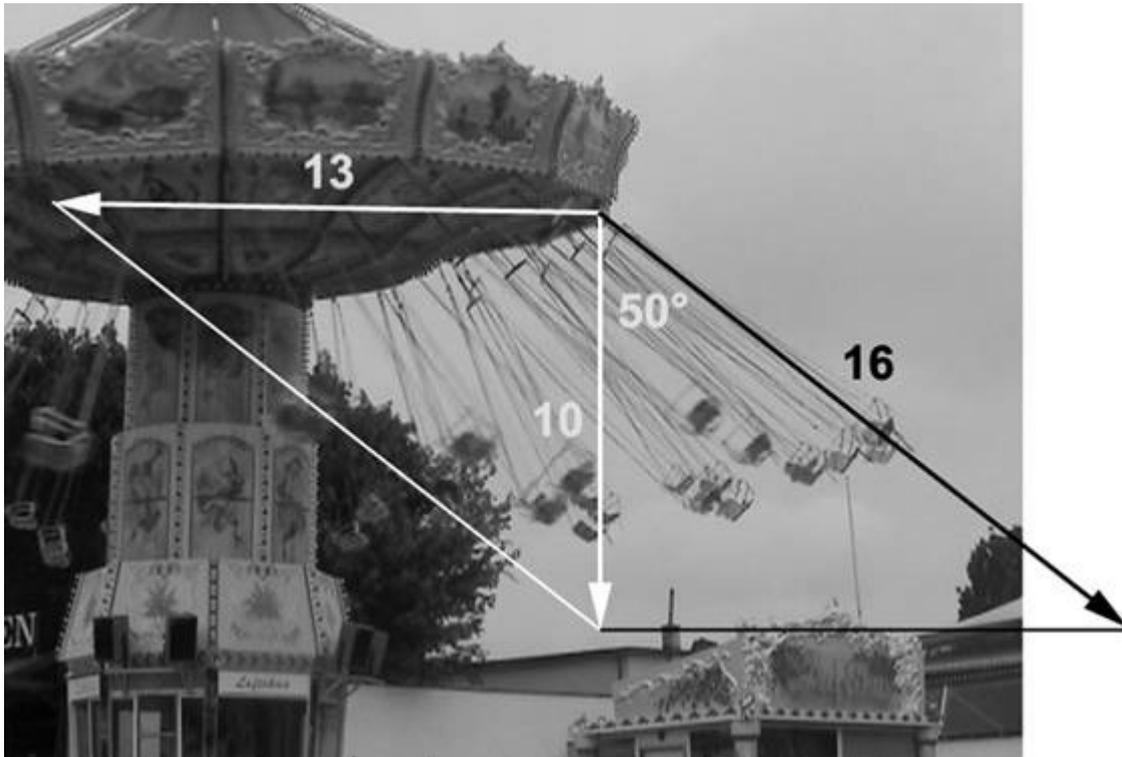
$$a_{\min} = 9 \text{ m/s}^2$$

$$a_{\max} = 20 \text{ m/s}^2$$

Wie groß war die Umdrehungsdauer T für dieses Karussells?

$$T = 4 \text{ s}$$

4.2.10.2 Abschätzung der Zentrifugalbeschleunigung



Bestimme den Winkel α , unter dem die Sitze mit ihren Aufhängeketten gegen das Lot geneigt sind.

$$\alpha = 50 \text{ Grad}$$

Überlege wie groß die Zentrifugalbeschleunigung in diesem Fall sein muss.

$$a_z = 13 \text{ m/s}^2$$

Vergleiche diesen Wert mit den im Arbeitsblatt Luftikus 1 gemessenen Werten.

Entnimm aus dem Arbeitsblatt Luftikus 1 die Umdrehungsdauer T und versuche daraus den Abstand der Sitze vom Drehmittelpunkt abzuschätzen.

Wie hängen Umdrehungsdauer T , Radius r und Zentrifugalbeschleunigung z_a zusammen.

$$a_z = r \cdot 4 \cdot \pi^2 / T^2$$

$$T = 4 \text{ s}$$

$$r = \text{ca. } 5 \text{ m}$$

4.2.11 Turbo Booster

4.2.11.1 Arbeitsblatt zur Bestimmung der Bahngeschwindigkeit

Erkundige dich nach dem Durchmesser des „Dreharmes“ oder bestimme ihn mit dem optischen Entfernungsmesser.

Durchmesser: 40 m

Miss die **Umlaufdauer T** einer Umdrehung:

$T = \text{ca. } 7 \text{ s}$

(Beachte: Die Umlaufdauer ist nur während einiger weniger Umdrehungen annähernd konstant. Der Dreharm kommt dann zum Stillstand und dreht die Drehrichtung um.)

Schätze die **Bahngeschwindigkeit v** , mit der sich die Personen auf der Kreisbahn bewegen.

$v = 50 \text{ km/h}$

Berechne nun die **Bahngeschwindigkeit v**

$v = 18 \text{ m/s} = 65 \text{ km/h}$

Berechne die **Zentrifugalbeschleunigung a_z** , die auf die Personen wirkt.

$a_z = 16 \text{ m/s}^2$

Vergleiche diesen Wert mit den Daten des Beschleunigungssensors und diskutiere eventuelle Abweichungen.

Bestimme durch **Videoanalyse** mit Coach die Bahngeschwindigkeit v der Personen.

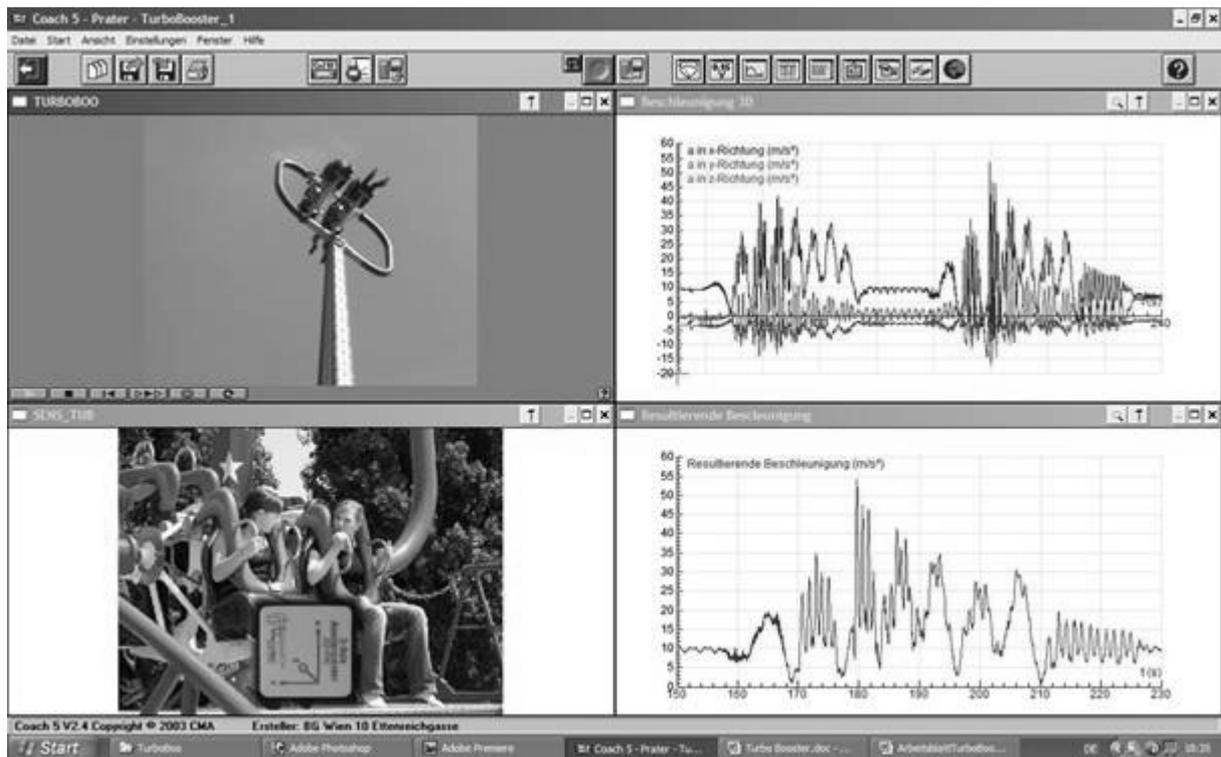
Filename: V_TurboB.avi

$v = 18,5 \text{ m/s} = 67 \text{ km/h}$



$$v = \omega \cdot r = (2 \cdot \pi / T) \cdot r$$

4.2.11.2 Arbeitsblatt zu den Beschleunigung/Zeit-Diagrammen



Es wurden zwei Durchgänge mit jeweils unterschiedlicher Drehrichtung aufgezeichnet.

Vergleiche die drei a/t -Diagramme für die einzelnen Raumachsen mit der Orientierung des Sensors, den das eine Mädchen an ihrem Gürtel befestigt hatte.

Wie viele Umdrehungen hat das Mädchen mit dem Sensor während eines Durchgangs gemacht?

7 Umdrehungen / Durchgang

Wie lange war die Umlaufdauer T einer Umdrehung?

$T = ca. 7 \text{ s}$

Wie groß war die maximale gemessene Beschleunigung a ?

$a = 54 \text{ m/s}^2$

Diskutiere das Gesamtbeschleunigungsdiagramm (rechts unten).

Zwischen welchen Werten hat die Gesamtbeschleunigung auf den Körper des Mädchens variiert?

$a_{\min} = 2 \text{ m/s}^2$

$a_{\max} = 54 \text{ m/s}^2$

4.2.12 Geisterbahn

4.2.12.1 Arbeitsblatt Elektrik – Bewegungsmelder



Das Foto zeigt einen Bewegungsmelder (Näherungsschalter), wie er heute vielfach zum Schalten von Außenbeleuchtungen verwendet wird.

In der Geisterbahn soll er bei Annäherung einer Person an das Skelett dieses anleuchten und einen Heulton auslösen.

Baue aus den beigestellten Bauteilen eine Anordnung, wo bei Annäherung einer Person die Alarm-LEDs blinken und der Summer heult. Eine Schaltskizze vor dem Experimentieren erleichtert die Arbeit!

Dokumentiere den Versuchsaufbau mit Hilfe einer Digitalkamera.

Material:

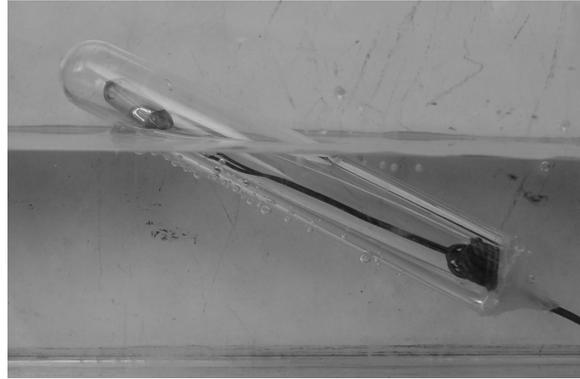
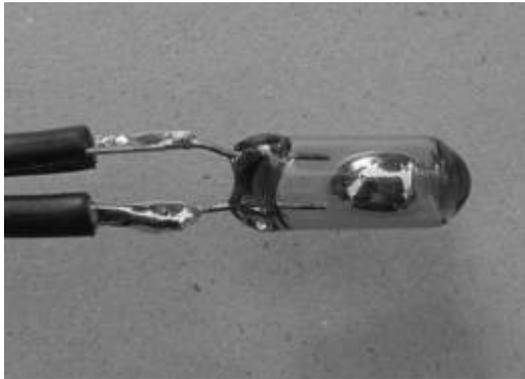
Näherungsschalter; Anschluss mit blauer und roter Buchse an 12 V-; die beiden blanken Enden sind mit dem Eingangsschalter (internes Relais) verbunden.

Rot/gelbe Alarm-LEDs
Summer
Krokodklemmen
Steckplatte
Leitungsbausteine
Verbindungsschnüre
Netzgerät

Ergebnis:



4.2.12.2 Arbeitsblatt Elektrik – Neigungsschalter



Das linke Foto zeigt einen Neigungsschalter, wie er zum Beispiel für die automatische Wasserstandsregulierung mittels Tauchpumpen verwendet wird.

Der Quecksilbertropfen kann bei Berührung der beiden Drahtspitzen in dem kleinen Glaskörper einen Stromkreis schließen.

Das rechte Foto zeigt diesen Schalter (zur Sicherheit in eine unzerbrechliche Glasröhre eingegossen), wie er durch Wasser bereits gehoben wird.

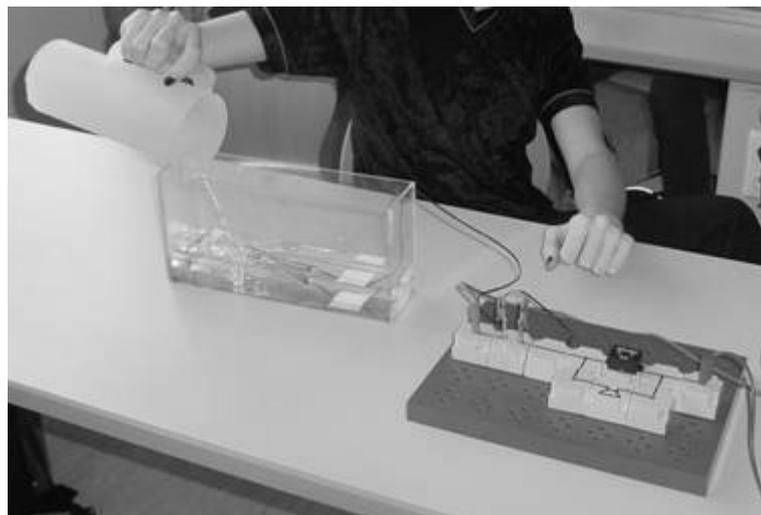
Baue aus den beigestellten Bauteilen eine Anordnung, wo beim Einfüllen von Wasser in die Küvette bei einer bestimmten Füllhöhe die Alarm-LEDs blinken und der Summer heult. Eine Schaltskizze vor dem Experimentieren erleichtert die Arbeit!

Dokumentiere den Versuchsaufbau mit Hilfe einer Digitalkamera.

Material:

Neigungsschalter
Rot/gelbe Alarm-LEDs
Summer
Krokodklemmen
Leitungsbausteine
Steckplatte
Verbindungsschnüre
Küvette
Becher
Netzgerät

Ergebnis:



4.2.12.3 Arbeitsblatt Elektrik – Reedkontakt

Das Foto zeigt einen so genannten Reedkontakt.



In einem Glasrohr sind zwei Metallplättchen eingeschmolzen. Diese können von außen durch ein Magnetfeld zur Berührung gebracht werden, wodurch ein elektrischer Stromkreis geschlossen werden kann. Man nennt diesen Schalter auch Reedrelais.

Baue aus den beigestellten Bauteilen eine Anordnung, wo beim Vorbeifahren des Wagens mit den aufgesetzten Magneten eine Leuchtdiode aufleuchtet und der Summer heult.

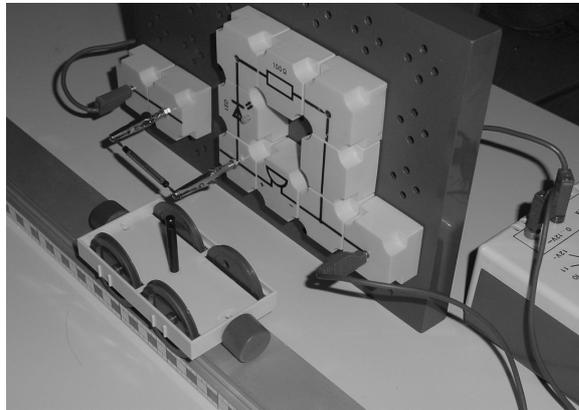
Leuchtdiode und Summer müssen parallel geschaltet werden. Zum Schutz der LED muss der 100- Ω -Widerstand vorgeschaltet werden.

Eine Schaltskizze vor dem Experimentieren erleichtert die Arbeit!

Dokumentiere den Versuchsaufbau mit Hilfe einer Digitalkamera.

Material:

Reedkontakt
LED
Summer
Krokoklemmen
Steckplatte
Leitungsbausteine
Verbindungsschnüre
Schiene
Netzgerät



Ergebnis:

4.2.12.4 Arbeitsblatt Elektrik – Wechselschalter

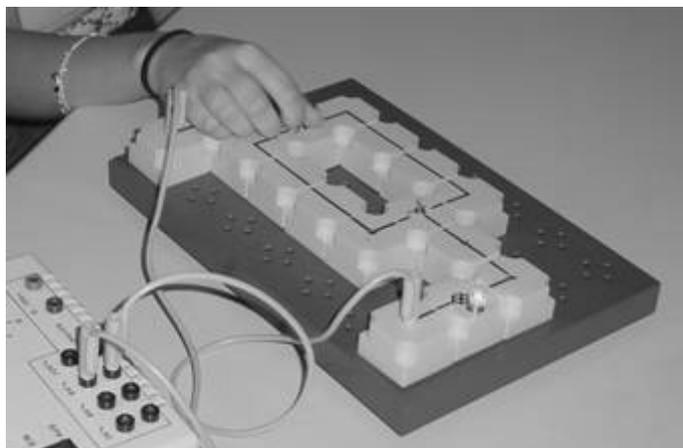
Baue mit Hilfe der beigestellten Bauteile eine Schaltung auf, so dass eine Glühlampe von zwei getrennten Stellen jeweils aus- und eingeschaltet werden kann.

Eine Schaltskizze vor dem Experimentieren erleichtert die Arbeit!

Dokumentiere den Versuchsaufbau mit Hilfe einer Digitalkamera.

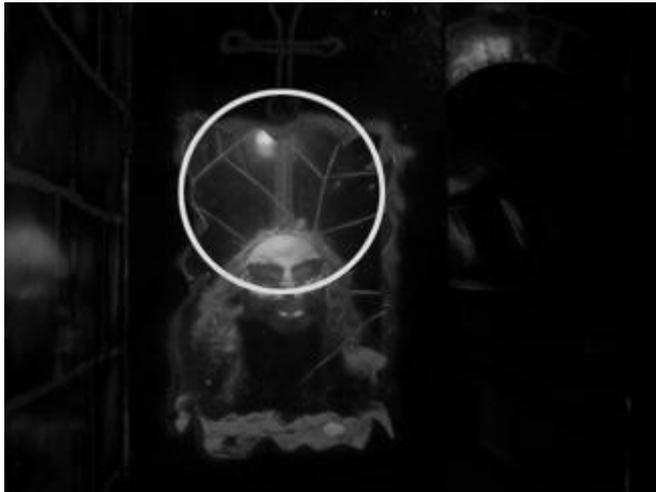
Material:

Lampenfassung
Glühlampe 12 V
2 Umschalter
Steckplatte
Leitungsbausteine
Verbindungsschnüre
Schiene
Netzgerät



Ergebnis:

4.2.12.5 Arbeitsblatt Elektrik – Elektromagnetischer Schalter



Das Foto zeigt einen an einer Schraubenfeder aufgehängten Kopf in einer Geisterbahn. Bei Annäherung wird dieser Kopf beleuchtet und er beginnt an dieser Feder auf- und ab zu schwingen.

Baue aus den beigeestellten Bauteilen eine Anordnung, wo durch Bewegung der Metallfeder die an einer Feder aufgehängte Holzkugel zu schwingen beginnt. Die Holzkugel (mit Eisenschraube) soll über einen Elektromagneten vorerst fixiert sein. Eine Schaltskizze vor dem Experimentieren erleichtert die Arbeit!

Dokumentiere den Versuchsaufbau mit Hilfe einer Digitalkamera.

Material:

- Spule 1600 Windungen
- Eisenkern
- Blattfeder
- 2 Spannvorrichtungen
- Schraubenfeder
- Steckplatte
- Leitungsbausteine
- Verbindungsschnüre
- Stativmaterial
- Netzgerät

Ergebnis:



5 EVALUATION

Durchführung:

Mag.^a Barbara Strametz¹ (barbara.strametz@ufg.ac.at)

5.1 Einleitung

Das „Praterprojekt“ wurde im Schuljahr 2005/06 am Gymnasium Ettenreichgasse mit der Klasse 6c durchgeführt. Der Leiter des Projekts, Mag. Theodor Duenbostl, der die Klasse in Physik unterrichtet, gab die hier vorliegende Evaluation des Projekts in Auftrag.

Die Evaluation soll Aufschluss darüber geben, ob die Motivation der Schüler/innen und das Interesse am Physikunterricht durch den Projektunterricht gefördert werden konnten.

5.2 Fragestellung

Als Grundlage für die Durchführung einer Evaluation diente einerseits ein informatives Gespräch mit dem Initiator des „Praterprojektes“ Mag. Duenbostl über Inhalte, Methoden und Ziele des Projektes. Darüber hinaus wurde der Evaluatorin eine schriftliche Dokumentation der durchgeführten Aktivitäten zur Verfügung gestellt, welche ebenfalls als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Fragestellung genutzt werden konnte.

Als Ziel der vorliegenden Evaluation galt, herauszufinden, wie das „Praterprojekt“ von der Gruppe, die davon profitieren sollte, erlebt wurde. Das heißt die Schüler/innen standen im Blickpunkt des Interesses. Die Evaluation sollte klären, inwiefern der Unterricht, so wie er im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurde, Anklang fand, ob sich die Form des Unterrichts positiv auf das Interesse und damit auf die Motivation der Schüler/innen auswirkte. Aufbauend auf diesen Überlegungen wurden als Grundlage für die Evaluation folgende Fragestellungen formuliert:

- Inwiefern begeisterten sich Schüler/innen für das „Praterprojekt“?
- Inwiefern können Interesse und Motivation der Schüler/innen in Bezug auf den Physikunterricht durch ein solches Projekt gefördert werden?

5.3 Methodisches Vorgehen

Ziel der Evaluation war also das Interesse der Schüler/innen am Projekt sowie die Auswirkungen auf das Erleben des Physikunterrichts zu erfassen. Von der Methode her bot sich ein multimethodisches Vorgehen schon deshalb an, weil zwei Datenquellen vom Leiter des Projekts bereits zur Verfügung gestellt werden konnten. Die Evaluation sollte außerdem möglichst valide, umfassende und aussagekräftige In-

¹ Strametz Barbara hat in Wien Pädagogik und Psychologie studiert und während ihres Studiums u.a. als Kindergartenpädagogin und Parkbetreuerin gearbeitet. Sie war als Evaluatorin im Vorschulbereich (Charlotte-Bühler-Institut) tätig. Zu ihren Forschungsgebieten zählen Gender Studies, Bildungsforschung und qualitative Sozialforschung. Derzeit ist sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Kunstuniversität, Bildnerische Erziehung, in Linz. Regelmäßig führt Strametz Barbara Evaluationen im Schul- und Erwachsenenbildungsbereich durch.

formationen für eine Beurteilung des Projektes ergeben. Aus diesen Gründen erwies sich eine **Methodentriangulation** als nahe liegend, da sie den höchsten Erkenntnisgewinn versprach. Die Einschätzungen der SchülerInnen, ihre Beurteilung vom Physikunterricht in Zusammenhang mit dem „Praterprojekt“ wurden also auf unterschiedliche Weisen erfasst.

Beim multimethodischen Forschungsdesign werden verschiedene Datenerhebungen kombiniert, die Informationen aus den unterschiedlichen Quellen können aufeinander bezogen, gegen einander abgewogen und schließlich zu einem Gesamtbild abgerundet werden. Das heißt die gewonnenen Informationen zeichnen im Unterschied zum Einsatz von standardisierten Einzelmethoden ein recht differenziertes Bild, dem auch in Hinblick auf künftige Projekte wichtige Hinweise entnommen werden können. Kernstück der Evaluation bildete die qualitative Erhebung und Auswertung und somit ein offenes und relativ flexibles Vorgehen.

5.3.1 Fragebögen

Vom Leiter des Projektes wurde zu drei verschiedenen Zeitpunkten ein Fragebogen an die Klasse ausgegeben, der unter anderem erhob, wie beliebt das Unterrichtsfach Physik am Anfang und am Ende des Wintersemesters 2005/06 war. Darüber hinaus wurde vom Physiklehrer und Projektleiter mit Unterstützung der Evaluatorin gegen Ende des gesamten Schuljahres ein Abschlussfragebogen zum konkreten Projekt entwickelt, der ebenfalls von den Schüler/innen beantwortet wurde. Die deskriptivstatistische Auswertung der Fragebögen wurde der externen Evaluatorin zur Verfügung gestellt, die Interpretation ausgewählter Daten macht einen Teil des vorliegenden Ergebnisberichts aus.

5.3.2 Dokumentenanalyse der Portfolios

Portfolios einiger SchülerInnen zum „Praterprojekt“ wurden vom Initiator des Projektes für eine Analyse zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der Erstellung von Portfolios hatten die Schüler/innen die Gelegenheit genutzt, Eindrücke vom Projekt und ihre Meinungen zur Durchführung und den Inhalten des „Praterprojektes“ kundzutun. Somit waren die schriftlichen Kommentare der Schüler/innen zum Projekt **Teil des Datenmaterials für die Evaluation**. Die Aussagen zum Projekt wurden von der externen Evaluatorin gesichtet - Gemeinsamkeiten sowie Auffälligkeiten zu Themen zusammengefasst. Als ein Teilergebnis der Evaluation im Sinne eines Stimmungsbilds der Klasse flossen sie in die Gesamtinterpretation mit ein. Darüber hinaus wurden **Kernaussagen** zum Projekt aus den Portfolios als Grundmaterial für ein weiteres, schnell durchführbares Verfahren – das **Ampelfeedback** – genutzt, welches überprüfte, inwiefern Bemerkungen aus den Portfolios für mehrere Schüler/innen zutrafen bzw. inwiefern es eher kontroversielle Meinungen zum Projekt gab.

5.3.3 Ampelfeedback

Das Ampelfeedback ist ein Verfahren, das wenig Zeitaufwand erfordert und sowohl leicht interpretierbare Informationen bietet als auch den Bewerter/innen sofort ein Gesamtergebnis aller an der Beurteilung Beteiligten offen legt. Das heißt, das Ergebnis der quantitativen Erhebung wird visualisiert, ist somit allen zugänglich und kann als Ausgangspunkt für weitere Diskussionen verwendet werden. Im Zuge vorliegender Evaluation wurden, wie erwähnt, Aussagen aus den Portfolios zum „Pra-

terprojekt“, die auf einem großen Plakat standen, von den 8 Schüler/innen, die sich freiwillig zur Verfügung gestellt hatten, bewertet. Sie bekamen jeweils ein grünes, ein rotes und ein gelbes Kärtchen, welches sie nach Vorlesen jeder einzelnen Aussage in die Höhe hoben. Je nachdem äußerten sie damit entweder ihre Zustimmung, ihre Ablehnung oder enthielten sich der Stimme bzw. konnten sich nicht entscheiden. Das Abstimmungsergebnis wurde nach jeder Meinung zum Projekt sofort am Plakat notiert, sodass das Ampelfeedback für alle sichtbar war. Das visualisierte Ergebnis konnte einerseits wiederum als **Datenquelle** für vorliegende Evaluation verwendet werden. Andererseits wurde es zum **Ausgangspunkt für die Gruppendiskussion**: Das Plakat mit der visualisierten Gruppenmeinung der Beteiligten bildete quasi den Grundreiß für die darauf folgende Diskussion. Durch das einleitende Verfahren konnte das Projekt aus der Erinnerung wachgerufen werden, wodurch ein Gespräch darüber erst möglich wurde. Ergebnisse zu den einzelnen Aussagen konnten von den Schüler/innen kommentiert werden und brachten so die Diskussion in Gang.

5.3.4 Gruppendiskussion

Als Ergänzung zu den numerischen Daten und zugleich als Kernstück der Evaluation bot sich ein ideografisches Vorgehen an. Ziel war, die Meinung der Schüler/innen umfassend zu dokumentieren und daraus Schlüsse auf das Erleben des Projektes durch die Schüler/innen zu ziehen. Ein offenes, nicht standardisiertes Verfahren war - in Ergänzung zu den schon erwähnten Datenquellen - angezeigt. Um möglichst vielfältige Informationen zu bekommen, wurde die Gruppendiskussion als Methode ausgewählt. Sie ist geeignet, argumentiert Lamnek (1998, S.68)², „um im sozialen Feld getroffene Maßnahmen oder Interventionen von den davon Betroffenen gemeinsam beurteilen und bewerten, eben *evaluieren* zu lassen. Gerade die Gruppendiskussion kann die unterschiedlichsten *Facetten und Perspektiven* aufdecken und so zu einem abgerundeten Bild ... beitragen“. Die Schülerinnen bekamen noch einmal intensiv Gelegenheit, gemeinsam über das „Praterprojekt“ und den Physikunterricht nachzudenken. Im Gespräch unter der Leitung einer schulfernen Person wurden ihre Beschreibungen, Einschätzungen und Wünsche erhoben. Auf diese Weise konnte ein Gesamtstimmungsbild der Gruppenmeinung entstehen, das wiederum mit den quantitativ gewonnenen Daten aus den Fragebögen verglichen wurde. Hinsichtlich der Fragestellung brachte das offene Vorgehen der Gruppendiskussion die differenziertesten und umfangreichsten Informationen.

Für dieses Vorgehen stellten sich auf Anfrage des Projektleiters **acht Schüler/innen** zur Verfügung, die sich in der Diskussion kritikfreudig und interessiert zeigten. Das Prinzip der **Freiwilligkeit** stand bei der Zusammensetzung der Diskussionsrunde im Vordergrund, da es die wichtigste Voraussetzung für ein ertragreiches Gespräch darstellt.

Die Gruppendiskussion dauerte **60 Minuten** und wurde von einer Moderatorin (der Evaluatorin) eingeleitet, die sich auch während des Gesprächs manchmal einschaltete, aber eher im Hintergrund blieb und den Schüler/innen selbst die Gesprächsführung überließ. Sie paraphrasierte das Gesagte oder stellte Fragen, wenn die Diskussion stockte bzw. wenn es einen neuen Anstoß brauchte, um kontroverielle Diskussionen neu anzukurbeln.

² Lamnek, S. (1998). Gruppendiskussion. Theorie und Praxis. Weinheim: Beltz

Um den Einstieg in die Diskussion zu erleichtern – quasi als „**Grundreiz**“ (Mayring, 2002, S.79)³ - wurde ein Plakat für alle sichtbar angebracht, auf dem anonymisierte Aussagen aus den Portfolios standen. Die Diskussion wurde von der Moderatorin mit der Erklärung zum oben beschriebenen **Ampelfeedback** eingeleitet, welches nach einer kurzen Einleitung auch durchgeführt wurde. Wie beschrieben wurden die **visualisierten Rückmeldungen** – als Ankerreize - für die Gruppendiskussion verwendet. Einzelne Ergebnisse wurden diskutiert, sofern sie Auffälligkeiten boten. Dabei wurde kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben – nicht jede Aussage wurde noch einmal diskutiert, wenn das Ergebnis keine weiteren Kommentare hervorrief. Sofern das Ampelfeedback neben dem zahlenmäßigen Ergebnis auch verbal thematisiert wurde, ist es in die Interpretation der Gruppendiskussion eingearbeitet.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Fragebögen

19 von insgesamt 21 Schüler/innen haben den dritten und letzten Fragebogen - Feedback zum Projekt ‚Physik des Praters‘ - ausgefüllt. Er hatte neben Verständnisfragen auch Aussagen zum Inhalt, die sich auf einen möglichen Transfer in den Alltag der Schüler/innen bezogen und erhob deren Motivation bzw. Begeisterung für physikalische Zusammenhänge. Zudem beinhaltete der Fragebogen jene drei Aussagen, die sich bereits in den vorangegangenen Fragebögen fanden. Eine Entwicklung bzw. ein zeitlicher Abgleich zu den Themen Beliebtheit des Physikunterrichts, Konnex zum Alltagsverständnis und Verknüpfung mit der zukünftigen Berufsausbildung der Schüler/innen ist somit darstellbar. Zur letzten Aussage „Was ich noch sagen wollte“, die im Vergleich zu den vorangegangenen Aussagen offen, das heißt ohne vorgegebener Bewertungsskala gestellt war, liegen der Evaluatorin keine Ergebnisse vor.

Fokussiert auf die Fragestellung dieser Evaluation werden im Folgenden jene Ergebnisse näher beschrieben, die sich mit der Begeisterung und Motivation der Schüler/innen für Physik auseinander setzen.

Ich habe meinen Freund/innen / Eltern von den Projekten im Prater berichtet, auch wenn sie mich nicht danach gefragt haben.

Für die Hälfte der befragten Schüler/innen trifft es zu bzw. trifft es eher zu, dass sie von den Projekten im Prater von sich aus erzählt haben. Drei Schüler/innen haben vielleicht bzw. teils/teils angegeben. Für sechs Schüler/innen trifft die Aussage kaum bzw. nicht zu. Ein/e Schüler/in hat sich der Stimme enthalten.

Es macht mir Freude, meinen Freund/innen / Eltern vom Praterprojekt zu erzählen.

Acht der befragten Schüler/innen haben „trifft zu“ bzw. „trifft eher zu“ angekreuzt. Vier gaben „vielleicht“ bzw. „teils/teils“ an. Für sieben trifft diese Aussage nicht bzw. kaum zu. Ein/e Schüler/in hat sich der Stimme enthalten.

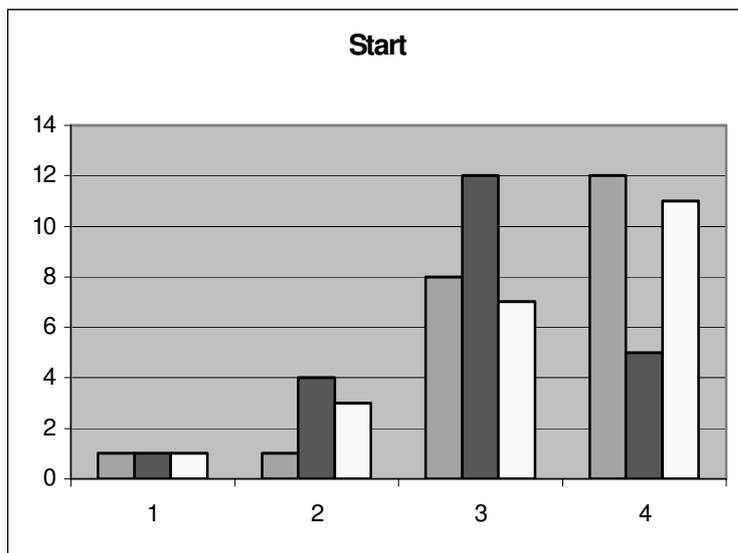
Ich bin froh, dass das Praterprojekt endlich zu Ende ist, weil ich genug davon habe.

³ Mayring, P. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung. Weinheim: Beltz

Diese Aussage soll als sogenannte Gegenfrage verstanden werden. Allerdings kann sie auch dergestalt interpretiert werden, dass die Schüler/innen vielleicht froh sind, dass das Projekt zu Ende ist, aber nicht weil es ihnen nicht gefallen hat, sondern auch, weil sie z.B. mit diesem Thema gesättigt sind.

Vier von den 20 Befragten haben dieser Aussage mit „trifft zu“ zugestimmt. 15 haben „trifft kaum zu“ bzw. „trifft nicht zu“ angekreuzt. Ein/e Schüler/in hat sich der Stimme enthalten. Man kann also sagen, dass dreiviertel der Befragten gerne am Praterprojekt mitgemacht haben.

Die folgenden drei Aussagen wurden von den Schüler/innen zu Beginn des Schuljahres, im Februar 2006 und am Ende des Schuljahres beurteilt. Sie sollten erstens bewerten, in welchem Viertel an Wichtigkeit sie den Physikunterricht in seiner **Beliebtheit** im Vergleich zu allen anderen Unterrichtsfächern einordnen (blaue bzw. erste Säule). Zweitens wurde gefragt, in welchem Viertel an Wichtigkeit sie den Physikunterricht für ihr **Alltagsverständnis** im Vergleich zu allen anderen Unterrichtsfächern einordnen (rote bzw. zweite Säule). Und drittens war gefragt, in welchem Viertel an Wichtigkeit der Physikunterricht für ihre (zukünftige) **Berufsausbildung** – wieder im Vergleich zu allen anderen Unterrichtsfächern - rangiert (gelbe bzw. dritte Säule).



Zu Beginn des Schuljahres befand sich der Physikunterricht in seiner Beliebtheit im Vergleich zu den anderen Unterrichtsfächern vorwiegend im 3. und 4. Viertel. In absoluten Zahlen haben 20 von insgesamt 22 Schüler/innen das 3. und 4. Viertel angekreuzt. Das heißt, bis auf zwei Schüler/innen, die 1. bzw. 2. Viertel angegeben haben, konnten die meisten dem Physikunterricht nicht besonders viel abgewinnen.

Zum gleichen Zeitpunkt wurde nach der Verknüpfung von Physik und Alltag gefragt. 17 von 22 Schüler/innen kreuzten an, dass der Physikunterricht in der Wichtigkeit für das Verständnis des Alltags im 3. und 4. Viertel aller Unterrichtsfächer lag. Lediglich 5 Schüler/innen kreuzten hier das 1. bzw. 2. Viertel an. Das bedeutet, auch was den Konnex bzw. den Transfer des im Physikunterricht Gelernten zum Alltag der Schüler/innen betrifft, rangierte dies in der Wichtigkeit in den beiden letzten Vierteln.

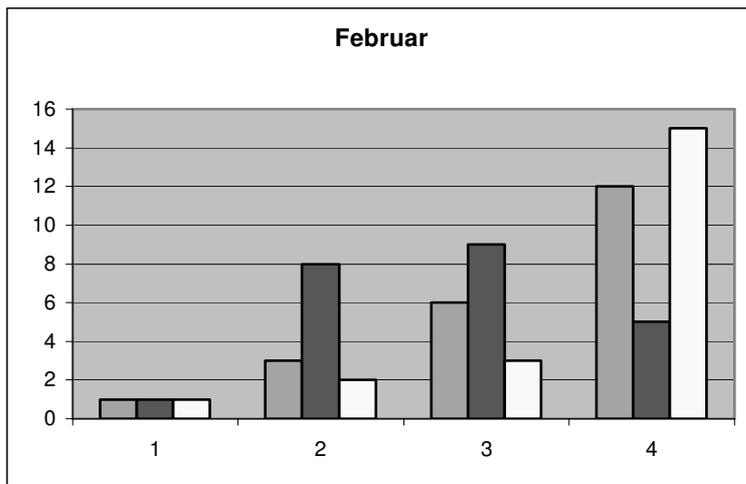
Was die Verbindung von Physikunterricht und der Wichtigkeit für (ihre zukünftige) Berufsausbildung betraf, gaben 18 von 22 Schüler/innen an, dass dies für sie im Vergleich zu anderen Unterrichtsfächern nicht sehr wichtig ist. Vier Schüler/innen konnten dieser Aussage mehr abgewinnen (siehe gelbe bzw. letzte Säule im 1. und 2. Viertel).

Insgesamt ist zu sagen, dass die Schüler/innen zu Beginn des Schuljahres dem Physikunterricht noch wenig abgewinnen konnten, auch der Transfer zu ihrem Alltag und die Verbindung einer möglichen Brauchbarkeit für ihre Berufsausbildung war wenig gegeben. Mitzubedenken ist der Umstand, dass diese Schüler/innen das Jahr davor

keinen Physikunterricht hatten und ihr allgemeines Interesse nicht im naturwissenschaftlichen Bereich liegt.⁴

Im Februar konnten die Schüler/innen auf erste Begegnungen mit dem Projekt im Prater zurückgreifen und hatten somit bereits eine konkretere Vorstellung von Projektunterricht in Physik.

Die Begeisterung für den Physikunterricht hat etwas zugenommen (blaue bzw. erste Säulen). Diesmal kreuzten zwar wiederum 12 der 22 Schüler/innen das 4. Viertel an, jedoch ergab sich eine Verschiebung vom 3. in das 2. Viertel der Beliebtheit im Vergleich zu den anderen Unterrichtsfächern. Das heißt, vier Schüler/innen gaben nun das 1. und 2. Viertel an, die verbleibenden sechs Schüler/innen gaben das 3. Viertel an Beliebtheit für den Physikunterricht an.



Beim Ergebnis zur zweiten Frage (rote bzw. zweite Säulen) liegt eine Mehrfachnennung vor. Aus dem mir vorliegenden Zahlenmaterial ist nicht rückführbar, in welchem Viertel der Fehler liegt. Das heißt, es liegen statt der 22 nun insgesamt 23 Nennungen vor. Trotzdem kann gesagt werden, dass sich auch hier im Laufe der Zeit eine positive Verschiebung

hin ins Mittelfeld in der Wichtigkeit des Physikunterrichts für das Verständnis des Alltags – wieder im Vergleich zu den anderen Unterrichtsfächern – ergeben hat.

Was die Frage zur Wichtigkeit in Zusammenhang mit ihrer Berufsausbildung betrifft (gelbe bzw. dritte Säulen), ergab sich allerdings eine Verschiebung hin ins 4. Viertel. Von den insgesamt 22 Befragten kreuzten 15 das letzte und drei das 3. Viertel an. Lediglich drei entschieden sich für das 1. bzw. 2. Viertel. Ein/e Schüler/in enthielt sich der Stimme.

Zusammengefasst ist zu bemerken, dass der Physikunterricht in der Beliebtheit der Schüler/innen steigt, auch steigt die Tendenz, den Physikunterricht nicht abgekoppelt von ihren Alltagserfahrungen zu sehen, jedoch ist der Physikunterricht im Vergleich zu anderen Unterrichtsfächern für ihre (zukünftige) Berufsausbildung/Berufswunsch nicht sehr relevant oder ersichtlich.

Ende Juni wurden die Fragen den Schüler/innen zum letzten Mal gestellt. Von 19 der insgesamt nun 21 Schüler/innen liegen hierbei Ergebnisse vor.⁵ Bei jeder Frage gab es zwei Stimmhaltungen. Was die Beliebtheit (blaue bzw. erste Säulen) des Physikunterrichts – auch direkt in Zusammenhang mit dem „Praterprojekt“ betrifft,

⁴ „Schüler/innen im Gymnasium stehen dem Physikunterricht besonders skeptisch gegenüber, da sie ja bewusst den Zweig gewählt haben, bei dem die Naturwissenschaften eine untergeordnete Rolle spielen. Schüler/innen im Gymnasium sind häufig schwerer zu motivieren, den Physikunterricht aktiv mitzugestalten.“ (aus dem Projektbericht „Physik und Sport“ - ein MNI-Projekt im Schuljahr 2004/05 des BG 10, Wien, Duenbostl, S. 5.)

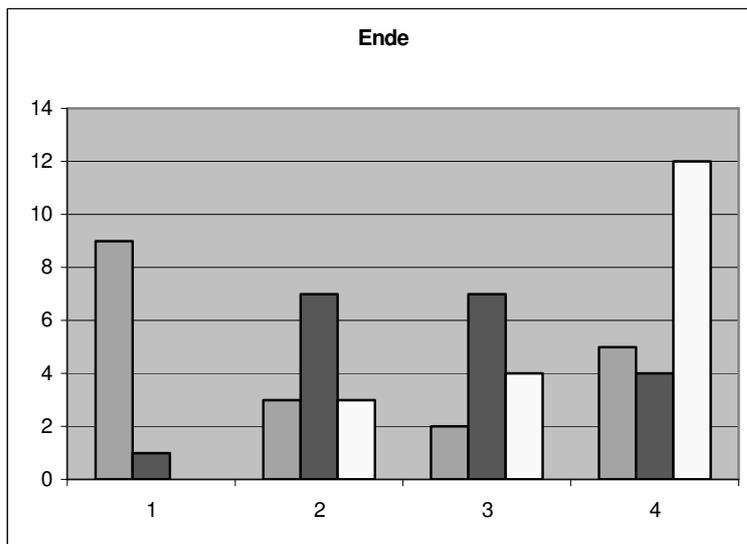
⁵ Im Laufe des Schuljahres verließ ein Schüler/in diese Klasse.

haben diesmal mehr als die Hälfte bzw. 12 der 19 Schüler/innen das 1. und das 2. Viertel angegeben. Die übrigen sieben Befragten entschieden sich für das 3. bzw. 4. Viertel.

Der Konnex zum Alltagsverständnis rangiert wiederum im Mittelfeld (rote bzw. zweite Säulen) und ist im Vergleich zu den Werten zu Schulbeginn als positiver zu beurteilen.

Was die Bedeutsamkeit des Physikunterrichts für ihre (zukünftige) Berufsausbildung betrifft, hat sich geringfügig eine weitere Verschiebung ergeben. Nun hat niemand der Befragten das 1. Viertel an Wichtigkeit angegeben.

Insgesamt ist zu sagen, dass der Physikunterricht (wie er im Praterprojekt verlief) im Laufe des Schuljahres an Beliebtheit enorm gewonnen hat.



Im guten Mittelfeld rangiert die Wichtigkeit des Physikunterrichts in Verbindung mit dem eigenen Alltagsverständnis physikalischer Phänomene. Im Vergleich zum Beginn des Schuljahres hat sich eine geringe negative Verschiebung in Bezug auf die Verbindung des Physikunterrichts und der Wichtigkeit einer (zukünftigen) Berufsausbildung hin in das 3. und 4. Viertel ergeben.

5.4.2 Portfolios

Als Ausgangspunkt und zu verwertendes Material standen die Portfolios der Schüler/innen zur Verfügung. Wie bereits beschrieben, wurden den selbst gestalteten Mappen zum Physikunterricht verschiedene Kommentare zu „Physik des Praters“ entnommen, um deren Gültigkeit für mehrere Schüler/innen im Ampelfeedback zu überprüfen und vor allem, um sie als Eingangsreize für das Zustandekommen einer Diskussion zu verwenden.

Die **Durchsicht aller Portfolios** zeigte, dass ein Großteil sehr persönlich und einige besonders aufwendig gestaltet sind. Neben Aufbereitungen der jeweiligen physikalischen Themen sind sehr oft persönliche Kommentare zu finden. Dies lässt den Schluss zu, dass der Physikunterricht für die Schüler/innen nichts Abgehobenes ist oder etwas, wovon sie sich abgrenzen, vielmehr findet offensichtlich bei den meisten eine Auseinandersetzung mit den durchgenommenen Themen statt.

Die genaue Durchsicht erfolgte speziell zum „Praterprojekt“, wobei der Gesamteindruck ebenfalls bestätigt werden konnte. Im Folgenden werden die aus den Portfolios extrahierten Themen kurz dargestellt, welche entweder sehr häufig vorkamen und/oder mit besonderem Engagement angeführt wurden: Ein Aspekt, der häufig mit dem Mitmachen bei „Praterprojekt“ zur Sprache kam, lässt sich unter dem Begriff **Selbstständige Aktivität** zusammenfassen.

Hier kamen Aussagen zu den Messungen, die von den Schüler/innen selbstständig durchgeführt werden konnten, zu Experimenten anhand von Modellen als auch Beschreibungen, wie es war, die „Geräte im Prater“ selber auszuprobieren. Das „selbstständige Arbeiten“ als solches wurde öfters in positiver Weise thematisiert. Selber etwas durchführen, Experimente machen und etwas „unternehmen“ wurden von einigen Schüler/innen mit lobenden Kommentaren bedacht. Sehr anschaulich thematisiert wurde weiters das **Miterleben** und **Mitmachen**, das vom ersten Themenblock nur analytisch getrennt werden kann. Hier geht es um die Betonung der Schüler/innen, mit der Gruppe, der Klasse bzw. dem „Herrn Professor“ am Projekt teilgenommen zu haben. Ein Aspekt ist also das Miteinander, die Teilnahme am Projekt schlechthin, der andere ist jener der eigenen Erfahrung, wobei teilweise sogar das körperliche Erleben beschrieben wird. So schreibt ein Schüler: „Wir konnten auch die verschiedenen Kräfte und Gesetze testen und an uns selber spüren“. Damit wären wir auch schon bei der dritten Thematik, die wieder nur zur besseren Darstellbarkeit einzeln angeführt wird: Die **Anschaulichkeit**, Nachvollziehbarkeit oder Alltagsbezogenheit der im Projekt verwendeten Methoden und Inhalte wird auffällig häufig erwähnt. Kommentare dazu waren etwa: „Mich hat es interessiert, wie diese Effekte funktionieren“ oder „Wir wissen jetzt wie die Maschinen funktionieren und sich bewegen“. In Verbindung mit solchen Kommentaren thematisieren die Schüler/innen sehr oft ihr persönliches Interesse, woraus sich hinsichtlich der Fragestellung eindeutig gesteigertes Interesse an Physik ablesen lässt. Ebenso weist das letzte Thema in diese Richtung: **Spaß** und **Begeisterung**, die sie mit dem „Praterprojekt“ in Verbindung bringen, werden nicht nur von fast allen erwähnt, vielmehr lässt auch die teils sehr einfallsreiche Wortwahl bei der Beschreibung des Erlebten auf tatsächliche Freude am Projekt schließen. Es wird unter anderen als „toll, ausgefallen, spaßig, ganz was Neues, amüsant, aufregend und faszinierend“ bezeichnet. Auch die wenigen Schüler/innen, die sich selbst als nicht oder sehr wenig interessiert an Physik sehen, erwähnen ihre Freude an dem Projekt und wünschen sich für die Zukunft weitere ähnliche Unternehmungen.

Kritik am Projekt – wie auch auf den Gesamtunterricht - bezog sich vor allem auf das „viele Berechnen“, bei dem manche meinten, sie würden sich schlecht auskennen oder es ginge ihnen zu schnell. Diese Aussagen wurden aber meist relativiert oder mit dem Zusatz versehen, dass alles öfters – „wenn nötig auch 10-Mal“ – erklärt wird und dass man immer „nachfragen kann, wenn man etwas nicht versteht“.

Insgesamt bietet die Durchsicht der Portfolios ein ausgesprochen positives Stimmungsbild der Klasse hinsichtlich des Projekts „Physik des Praters“. Ob sich der Trend dieser nicht anonymen Kommentare auch in der anonymen qualitativen Erhebung feststellen lässt, wird in den nächsten Kapiteln ersichtlich.

5.4.3 Ampelfeedback

Wie bereits erklärt, sind die folgenden neun Statements den von den Schüler/innen verfassten Portfolios zum besagten Projekt entnommen. Sie dienten als Einstimmung und Anreiz, über ihre Eindrücke zum „Praterprojekt“ zu diskutieren. Unter den Diskutierenden befanden sich fünf Schülerinnen und drei Schüler, welche zwischen 16 und 17 Jahre alt waren.

Wichtig war es auch, die Aussagen der Schüler/innen als solche neutral vorzulesen und von der Evaluatorin weder zu kommentieren noch zu interpretieren.

Ampelfeedback (Zustimmung, Verneinung, Enthaltung)	Ja	Nein	+/-
1. Mir hat es Spaß gemacht, mit den Sachen im Prater zu fahren und dann die Geschwindigkeit und alles drum und dran abzumessen.	5	2	1
2. Ich denke mir, dass bei solchen Projekten alle mitmachen sollten, sonst hat das keinen Sinn. Es war nämlich so, dass zwei gemessen haben und der Rest ist herum gesessen.	7	0	1
3. Sehr positiv war, dass wir Arbeit mit Spaß verbunden haben und dadurch der Arbeitsauftrag interessant wurde.	8	0	0
4. Es war auch gut, dass wir uns die physikalischen Gesetze und Kräfte an kleinen, nachgebauten Modellen angeschaut haben.	nicht gewertet (s.u.)		
5. Es (gemeint ist im Prater) war interessant, da wir selbstständig arbeiten mussten und uns selber zurecht finden mussten.	6	1	1
6. (Zum Berechnen im EDV-Saal):... ein Zettel würde aber reichen, denn das viele Berechnen ist ziemlich einseitige Arbeit.	5	2	1
7. Die Versuche im Prater waren sehr interessant und für mich persönlich etwas ganz Neues.	4	3	1
8. (Zu den Vermessungen der Entfernungen im Prater): Anfangs war ich verwirrt, da ich mich nicht auskannte, durch gegenseitige Unterstützung unter uns Mitschüler/innen verstand ich es dann besser.	3	2	3
9. (Zu Elektrik/Schaltungen zuerst in Theorie, dann Prater): Mir hat die Verbindung zwischen Theorie und Praxis gut gefallen.	1	2	5

Atmosphäre während der Abstimmung:

Ad 1. Bei dieser Aussage haben sich alle Beteiligten schnell und eindeutig entschieden.

Ad 2. Auch bei dieser Aussage haben sich alle Beteiligten schnell und eindeutig entschieden.

Ad 3. Dieser Aussage haben alle Beteiligten zugestimmt. Fast alle haben spontan entschieden. Eine/r hat gezögert und sein grünes Kärtchen zum Schluss gezogen. Man merkt ihr/ihm an, dass sie/er sich freut, sie/er lächelt offen.

Ad 4. Die Abstimmungsergebnisse waren uneindeutig: größtenteils Stimmenthaltung. In der Gruppendiskussion klärt sich gegen Ende auf, dass diese Aussage nicht richtig verstanden wurde. Nach einer Erklärung von einem Burschen - dass sie öfters die nachgebauten Modelle ausprobiert hätten - gab es dann ein Aha-Erlebnis bei den anderen. Die Aussage kann deshalb nicht bewertet werden.

Ad 5. Es war interessant weil sie selbstständig arbeiten konnten und sich selber zu-recht finden mussten: es fielen relativ spontane Entscheidungen. Eine/r hält ihr/sein Kärtchen extra lange hoch, wie um es zu betonen

Ad 6. Es wurde auch hier relativ schnell entschieden. Erstmals beginnt eineR der Diskutant/innen zu reden bzw. zu kommentieren. EinE weitere steigt darauf ein. Es ergibt sich ein kurzes kontroversielles Gespräch unter den beiden.

Ad 7. Auch bei dieser Aussage tauen die Diskutant/innen weiter auf, das heißt, sie bestätigen auch verbal ihre Entscheidungen.

Ad 8. Sehr breites Antwortspektrum unter den acht Beteiligten.

Ad 9. Vergleichsweise viele Stimmenthaltungen, eine Zustimmung, zwei Ablehnungen. Eine Vermutung könnte sein, dass sie nicht genau wissen, was mit dieser Aussage gemeint war.

5.4.4 Gruppendiskussion

Im folgenden wird es sich um Themen handeln, die während der Gruppendiskussion häufig bzw. immer wieder angeschnitten wurden. Auch werden Themen zur Sprache gebracht, die mit großer emotionaler Intensität der Schüler/innen diskutiert wurden. Die Darstellung folgt der tatsächlichen Gruppendiskussion nicht chronologisch, sondern ist nach inhaltlichen Themenblöcken geordnet.

5.4.4.1 Projektunterricht und Alltagsbezug

Auf die Frage, wie sie **Projekunterricht im Vergleich zum „normalen“ Unterricht** in Physik erleben, antworten gleichzeitig mehrere der Diskutant/innen: „Viel, viel besser...lustiger... besser“. Daraufhin fielen folgende Kommentare: „es ist ‚ne Abwechslung zum zachen Stoff.“ [...] „ich find man lernt irgendwie auch besser... weil man alles selber macht und so“. Der Stoff, der in Physik durchgenommen wird, wird für viele prinzipiell als eher trocken und wenig eingängig eingestuft. Auf Grund der Projektarbeit finden sie die Materie weniger spröde. Die Art des Unterrichts ermöglicht ihnen selbstständiges Tun und Experimentieren. „ ja...weil dann hat man irgendwie so, ich weiß nicht, dann hat man irgendeinen Bezug zu dem Thema, weil so wenn man in der Stunde zuhört, sitzt man so da und schaut eher auf die Uhr und so [aber] wenn man was macht, vergeht die Zeit schneller.“ Um einen Zugang zu Physik zu erlangen, muss der Bezug durch Selbsttätigkeit zu konkreten Themen hergestellt werden. Die Zeit vergeht schneller, der Unterricht gestaltet sich kurzweiliger und spannender.

Daran angeschlossen wurde darüber gesprochen, dass der **Bezug zum Alltag** der Schüler/innen hergestellt werden soll. Laut Aussagen der Schüler/innen war dies auch ein wichtiger Punkt, den ihr Lehrer immer wieder in den Unterricht einfließen hat lassen. Inwieweit ihm dies gelungen ist, will eineR der Diskutant/innen (noch)

nicht beurteilen: „ich weiß nicht, ich kann das jetzt nicht beurteilen, vielleicht später wenn ich in der Situation bin...könnt ich es vielleicht beurteilen – ach ja, das haben wir ja in Physik gemacht, aber jetzt ...*immer leiser* ...weiß ich nicht.“ Nach weiteren Überlegungen in der Gruppe wirft jemand ein, dass sie etwas „mit Reibung [gemacht haben] und so mit Autos, er [der Lehrer] hat uns das erklärt, wie das funktioniert mit Autos Geschwindigkeit, Bremsweg und so, das war schon interessant, da versteht man schon ein bissi was davon“ [...] Ein/e zweite/r Diskutant/in schaltet sich ein und sagt: „Vor allem in der Fahrschule ist es gut, wenn man das jetzt schon weiß, weil da kann man sich schon drauf vorbereiten, wie es eigentlich ist.“

5.4.4.2 Miterleben und Mitmachen

Durch die Gruppendiskussion ergaben sich unter anderem auch einige Bestätigungen der Aussagen aus dem Ampelfeedback, andere wiederum wurden relativiert und konnten im Nachhinein nicht mehr nachvollzogen werden. So war zum Beispiel die einleitende Diskussion um den **EDV-Saal** und die dort stattfindenden Berechnungen recht interessant: Beim Ampelfeedback hatten über die Hälfte der Anwesenden der Aussage zugestimmt, dass das viele Berechnen einseitige Arbeit sei und hier zuviel gemacht würde. In der Diskussion ergab sich ein anderes Bild: An einem Tag in der Woche haben die Schüler/innen zwei Stunden Physik, da bestehe die Gefahr, dass es „langweilig“ wird. Sie sehen es dann als Vorteil, wenn sie eine Stunde im EDV-Saal sein können, weil sie selber was berechnen können und ein/e Schüler/in meint: „Wenn wir im EDV-Saal sind, müssen wir nicht die ganze Zeit zuhören“. Die Schüler/innen erklären, es sei zwar schwer verständlich und nicht alle kennen sich aus, aber „...im EDV-Saal ist es nicht so fad, denn da besteht wenigstens die Chance, dass man selbst etwas anfängt, also auch selbst was macht.“ Selbst aktiv zu sein – wie schon aus den Kommentaren der Portfolios herauszulesen war – steht auch während der Gruppendiskussion im Zentrum des Interesses an Physik. Bei der eigenständigen Aktivität im EDV-Saal wird das Programm **Coach 5** mehrmals erwähnt und von manchen ausführlich beschrieben, was mit diesem Computerprogramm gemacht wurde.

Damit angesprochen ist der Aspekt, wie der **Transfer konkreten, sinnlichen Erlebens in die abstrakte, analytische Ebene** erfolgt. Alle – bis auf ein/e Diskutant/in der/die auf Nachfrage dem Fach Physik nichts abgewinnen kann, weil es sie generell nicht interessiert – hatten beispielsweise Spaß an der Durchführung der Versuche im Prater. Die Ergebnisse wurden per Videokamera aufgezeichnet und in das Coach 5-Programm gespielt. Somit konnten die Messwerte mittels Formeln berechnet und in Form von Diagrammen veranschaulicht werden. Für manche war der Transfer der konkreten Praterbesuche in abstrakte Zahlen- und Messwerte im EDV-Raum schwieriger nachzuvollziehen, aber es hat ihnen im Allgemeinen Spaß gemacht. Andere meinten, dass es durch das eigene Dabeisein und Miterleben im Prater erst möglich wurde, den Schritt zur Abstraktion mitzugehen:

„ich finde, es war gut das zu erleben, da dabei zu sein und mitzumachen, weil... *kleine Pause* [...] „Ich weiß nicht weil, wenn man nicht dabei wäre, wenn ich jetzt nicht dabei wäre, würde ich mich nicht auskennen, weil wir haben dort gemessen und so und das hat halt mehr Spaß gemacht.“ Wenn man also aktiv sein kann, macht etwas Spaß und dies fördert das Verständnis an abstrakten Zusammenhängen. Auch ist der Schluss zulässig, dass Bereiche, in denen man sich auskennt, eher Spaß machen (können) und man sich damit weiter auseinander setzen möchte. Allerdings muss gesagt werden, dass diese Interpretation durch die anschließende Aussage

der/des Diskutant/in abgeschwächt wurde, indem er/sie sagte: [...] „also so aktiv zu sein [ist besser], als dann vorm PC zu sitzen und das zu analysieren...“ EinE andere Schüler/in meinte auf die Frage, ob es einen Unterschied gemacht hat, ob man tatsächlich im Prater war oder die Daten lediglich mit dem Programm analysiert hätte mit ausholenden Gesten begleitet folgendes: „Vor allem kann man sich einen besseren Bezug aufbauen... [Mitschüler/innen stimmen zu] ... wenn man gefahren ist zum Beispiel mit dem Space Shot, da weiß man ja, das fährt ziemlich schnell rauf und alles, und wenn man das Diagramm hat, dann sieht man auch, wie stark das ausschlägt und dadurch hat man eine gute Relation dazu, weil wenn man es nur macht, da denkt man sich, das ist aber viel zu viel, da hab ich sicher was falsch“. Durch das Selbst-Erleben sind die Schüler/innen eher imstande, die Diagramme richtig zu lesen bzw. können sie genauer einschätzen, ob ihre Berechnungen vielleicht stimmen oder eher nicht.

Bei der Frage, was ihnen denn **im Prater am besten gefallen** hat, reden sie aufgeregt durcheinander. EineR setzt sich durch und ergreift das Wort: : „Ja ich würde sagen der Turbo booster“. Aufmerksamkeit und Interesse der andern steigt anscheinend auch, jemand fragt nach: „Welcher ist das?“ Sie/er: „Das ist der mit den vier Sitzen oben und unten und da ist diese lange Stange, die sich so dreht“ *gestikuliert dazu, wie es sich dreht*. Schüler/in: „da warst du oben?“ Sie/er: *erfreut, dass jemand nachfragt* „Na sicher, das ist urlustig“.[...] „Ja, ich bin alleine gefahren. Oben war keiner, bei mir keiner, nur ich.“ *Lacht stolz*. WeitereR Schüler/in: „O mein Gott, ich war bei dem Discovery, häää“ (*ein nachträglicher Angstlaut bzw. Stolz auf ihren/seinen Mut im Nachhinein*). *Sie/er lacht, andere lachen auch, kollektives Erinnern an den Prater, aufgeheiterte Stimmung*.

Diese Passage soll verdeutlichen, dass neben dem Projekt, in dem es um die Messung physikalischer Gegebenheiten geht, auch soziale, kommunikative, emotionale Aspekte ihren Platz haben. Man macht außerhalb der Schule gemeinsam etwas, das Freude bereitet. Man lernt sich als Gruppe in anderen Kontexten kennen, tauscht sich darüber auch später noch intensiv aus.

5.4.4.3 Zur Methodik des Unterrichts

Über manche Strecken der Gruppendiskussion ergaben sich auch sogenannte **Expert/innengespräche**. Das heißt, manche Versuche, die im Prater durchgeführt wurden, wurden sehr detailliert beschrieben, andere korrigierten wiederum mit weiteren Einzelheiten. Es herrschte dabei engagierte Stimmung, einige redeten gleichzeitig. Sie haben das Projekt in guter Erinnerung und man kann vermuten, dass sie über weite Teile verstanden haben, worum es ging.

Andererseits wird in der Gruppendiskussion immer wieder thematisiert, dass das, was für sie im Projekt toll war, nicht immer verstanden haben. Dies wirft unter den Diskutierenden **kontroversielle Meinungen** hervor. Ein Teil der Gruppe sagt, sie verstünden zu wenig, weil der Unterricht zu locker gestaltet wird und es beispielsweise keine Tests gibt. Die anderen meinen, jene, die sich einen Unterricht mit Tests wünschen, würden nicht zuhören, darum kriegen sie nicht mit, wenn etwas erklärt wird, etc. Daraus ergibt sich eine Debatte über die Art des Unterrichtens:

Schüler/in A : „wenn er [der Lehrer] zum Beispiel einen Test machen würde oder so,...“

Durcheinander geredet: „Und alle würden sich aufregen, dass er einen Test macht.“

Schüler/in B: „ja weil wenn ihr es schon nicht versteht, wie könnt's es [einen Test] dann auch noch machen?“

Pause, etwas betretenes Schweigen.

Schüler/in B: „na da würden sie sich erst recht aufregen, wenn er so viele Tests macht“

Aufruhr entsteht.

Schüler/in A: „ich will schon, ich will keinen Test haben, aber ich weiß genau, hätten wir einen Test, würde ich was lernen“

Schon währenddessen lachen mehrere über die Aussage, wieder Aufregung.

[...]

Die/der Schüler/in, die/der vorher fast nichts gesagt hat, meint: „Aber er erklärt es eh immer gescheit, nur wenn er fragt, ob man's versteht, dann meldet sich plötzlich keiner“ ...

Kleine Pause, alle überlegen. Schließlich stimmen die kritischen Stimmen zu: „Ja das stimmt schon“

Generell ist es den Schüler/innen **möglich, so oft nachzufragen, bis sie den Stoff verstanden haben**. Das finden sie sehr positiv und streichen es hervor. Sie machen jedoch nicht im gleichen Maß davon Gebrauch. Auch das Zuhören und Mitschreiben wurde thematisiert. Selbstkritische Momente der Schüler/innen kommen zum Vorschein, wenn sie sagen, dass sie etwas nicht verstanden haben, weil sie eben nicht zugehört haben. Was das Mitschreiben anbelangt, sind einige, obschon es in der Oberstufe gefordert ist, damit überfordert, da sie nicht wissen wann und was sie mit-schreiben sollen. Sie wissen, dass dies in ihrer Verantwortung liegt, wünschen sich trotzdem einen strukturierteren Unterricht. (Diese Passage haben die Schüler/innen generell zu Unterrichten bzw. Unterrichtet-Werden besprochen – auch werden etwa Vergleiche mit anderen Unterrichtsfächern angestellt)

5.4.4.4 Wünsche

Nachdem die Schüler/innen über pädagogische und didaktische Herausforderungen sinniert haben, hat die Frage nahe gelegen, zu erheben, **was sie sich für den Projektunterricht in Zukunft wünschen**.

EinE Schüler/in, die im Vergleich zu den Mitdiskutierenden eher die (schul)kritische Position einnahm antwortete so: „Also diese Projekte sind schon vorteilhaft auch in Zukunft, nur wenn man es gescheit organisiert und gescheit macht...“ [...] „dass der Lehrer uns auch vielleicht alles erklärt, was wir machen, worum es geht, dass er uns vielleicht auch schon selber einteilt, und sagt macht's das und das, wir würden die Arbeit schon selbstständig machen, aber dass er uns vielleicht auch einteilt...*mhm, Gemurmel* kurz...wir würden es sowieso selbstständig machen, das ist eh klar, wir sind schon in der Oberstufe, wir müssen es selbstständig machen, aber dass er uns vielleicht einteilt, wer was macht ... weil dann erledigt jeder seinen Teil und dann können wir alles zusammen...“ Sie/er wird von einer/m anderen Schüler/in unterbrochen, der/die einwirft: „ja weil wenn nicht jeder denselben Teil hat, kann man auch

nicht abschreiben und deswegen muss man es auch selber machen, und fragen kann man ihn [den Lehrer] dann am Schluss eh noch..“

Auf die Nachfrage der Evaluatorin, ob sie dies dem Lehrer schon vorgeschlagen haben, antworteten sie, dass er sie schon gefragt hat, was er etwa anders oder besser machen könnte. Auch die Fragebögen, die im Laufe des Schuljahres ausgeteilt wurden, wurden nun von ihnen erwähnt. Es ist daraus ersichtlich, dass der Lehrer mit den Schüler/innen diesbezüglich in Kontakt steht.

Einhellige Gruppenmeinung auch zum Schluss der Diskussion war, dass sie sich weiterhin einen abwechslungsreichen und interessanten Projektunterricht, so wie sie ihn kennen gelernt haben wünschen. Als wichtige Faktoren für eine eher positive oder eher negative Einstellung von Schüler/innen zu Physik haben sich die Anwendungsbezogenheit und die Formellastigkeit der Unterrichtsinhalte herausgestellt so wie damit zusammenhängend das Gefühl, es „verstanden“ zu haben.

5.5 Zusammenfassung

Die eingangs gestellten Fragen in Erinnerung gerufen -

- **Inwiefern begeisterten sich Schüler/innen für das „Praterprojekt“?**
- **Inwiefern können Interesse und Motivation der Schüler/innen in Bezug auf den Physikunterricht durch ein solches Projekt gefördert werden?**

kann zusammengefasst werden, dass sich die Schüler/innen für das Projekt begeistert haben: Über das Projekt „Physik des Praters“ haben sie in lebhafter und detaillierter Weise berichtet, auch fördert Projektunterricht generell das Interesse der Schüler/innen an Physik. In besonderer Weise hervorgehoben sei der Aspekt der Selbsttätigkeit in Form von eigenständigem Experimentieren und Ausprobieren. Mit-tun und Miterleben sind zentral für das Gelingen des Projektes. Auch wird der Gegenstand Physik eingebunden in die Lebenswelt und spezifische Interessen der Schüler/innen. Mitunter erscheint ihnen Physik in seiner abstrakten Form immer noch bzw. immer wieder sehr komplex. Sie sind jedoch motiviert und angeregt, auch auf Grund ihres engagierten Lehrers, die Sache zu verstehen und zu begreifen.

Insgesamt ist zu sagen, dass der Physikunterricht im Laufe des Schuljahres an Beliebtheit enorm hinzugewonnen hat, was vor allem auf das anwendungsbezogene und altersangemessene Unterrichtsangebot „Physik des Praters“ zurückzuführen ist.

6 LITERATUR

ESCOBAR Carloe (1994). Amusement Park Physics. College Park, MD 20740-3845
U.S.A: American Association of Physics Teachers

DAVIDEK Kristian (10. 3. 2006). Der Donner des Zeus – Achterbahn. Wien: Die
Presse

Sonstige Quellen:

GIRWIDZ Raimund, Hrsg. (Februar 2006). Sensoren. Naturwissenschaften im Unter-
richt – Physik, Heft 91, Friedrich-Verlag.

Internetadressen:

<http://www.prater.at> (28.6.2006).

<http://www.learner.org/exhibits/parkphysics/> (28.6.2006).

<http://schulen.eduhi.at/riedgym/physik/9/achterbahn/achterbahn.htm> (28.6.2006).

<http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/DAVID/4phys.htm>
(28.6.2006).