



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S 6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“**

PHYSIK UND SPORT

OStR Mag. Theodor Duenbostl

**Mag^a. Gabriele Pindur, Mag. Gerhard Wallisch
GRG10/Ettenreichgasse 41-43
1100 Wien**

Wien, Juli 2005

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Anwendungsorientierung	5
1.2 Ausgangssituation und Lehrplanbezug	5
1.3 Herausforderungen, Ziele und Erwartungen	6
1.4 Fragestellungen	6
2 AUFGABENSTELLUNG/PLANUNG	7
2.1 Geschwindigkeitsmessung.....	7
2.1.1 Mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit	7
2.1.2 Abschätzung von Geschwindigkeit und Beschleunigung beim Laufen mittels Videoanalyse	8
2.1.3 Mittlere Geschwindigkeiten während eines in gleiche Abschnitte unterteilten 60-m-Laufes	8
2.2 Senkrechter Sprung.....	8
2.2.1 Bestimmung der Bein-Sprungkraft	8
2.2.2 Kraftanalyse beim senkrechten Sprung	8
2.2.3 Kraftanalyse von Bewegungen	8
2.3 Weit- und Hochsprung	8
2.3.1 Weitsprung mit Zusatzgewichten	8
2.3.2 Hochsprung.....	9
3 METHODEN/DURCHFÜHRUNG	10
3.1 Geschwindigkeitsmessung.....	10
3.1.1 Mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit	10
3.1.2 Abschätzung von Geschwindigkeit und Beschleunigung beim Laufen mittels Videoanalyse	12
3.1.3 Mittlere Geschwindigkeiten in mehreren Phasen eines Laufes.....	12
3.2 Senkrechter Sprung.....	15
3.2.1 Bestimmung der Bein-Sprungkraft	15
3.2.2 Kraftanalyse beim senkrechten Sprung	16
3.2.3 Kraftanalyse von Bewegungen	17

3.3	Weit- und Hochsprung	22
3.3.1	Weitsprung.....	22
3.3.2	Hochsprung.....	23
4	ERGEBNISSE	24
4.1	Arbeitsblätter, Lösungen und Tabellen bei der Geschwindigkeitsmessung ...	24
4.1.1	Mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit	24
4.1.2	Videoanalyse eines Läufers	25
4.1.3	Mittlere Geschwindigkeit in mehreren Phasen eines Laufes.....	26
4.2	Arbeitsblätter und Lösungen beim senkrechten Sprung.....	28
4.2.1	Bestimmung der mittleren Bein-Sprungkraft	28
4.2.2	Kraftanalyse Sprung	30
4.2.3	Kraftanalyse bei Bewegungen	37
5	EVALUATION.....	40
5.1	Einleitung	40
5.2	Fragestellung	40
5.3	Methodisches Vorgehen	40
5.3.1	Dokumentenanalyse der Portfolios	41
5.3.2	Einzelinterviews	41
5.3.3	Gruppendiskussion	42
5.3.4	Auswertung der Gruppendiskussion und der Schüler/innen-Interviews	42
5.4	Ergebnisse	43
5.4.1	Intention des Projektleiters.....	43
5.4.2	Sicht der Schüler/innen.....	44
5.5	Zusammenfassung	48
6	LITERATUR.....	49

ABSTRACT

Ziel des Projektes war es, den Schüler/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 dem Sportunterricht sollte zeigen, dass Physik nicht nur abstrakte Formeln, sondern in vielen Alltagssituationen Erklärungshilfen bietet. Außerdem erhielten die Schüler/innen dadurch reichlich Gelegenheit zu Selbsttätigkeit bei der Planung und Durchführung von Experimenten. Bei der gesuchten Geschwindigkeitsverteilung im 60-m-Lauf führte dies sogar zur Anfertigung einer neuen Messvorrichtung. Die Zusammenarbeit mit den Kolleg/innen aus dem Sportunterricht war organisatorisch leicht zu bewältigen und zeigte für beide Fächer neue Aspekte auf.

Im Mittelpunkt des Projektes stand die Untersuchung von Bewegungen (Laufen und Springen). Dabei wurden Zeiten gemessen, Geschwindigkeiten ermittelt und Kräfte mit Hilfe eines Messinterfaces aufgezeichnet. Zusätzlich wurden selbst gedrehte Videos von Bewegungsabläufen mit einer geeigneten Software ausgewertet.

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

Schulstufe: 10. Schulstufe, 6. Klasse Gymnasium

Fächer: Physik, Leibesübungen

Kontaktperson: OStR Mag. Theodor Duenbostl

Kontaktadresse: Ettenreichgasse 41-43, 1100 Wien

E-Mailadresse Theodor.Duenbostl@univie.ac.at

1 EINLEITUNG

1.1 Anwendungsorientierung

Die physikalischen Inhalte Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft sollen mit ihrem Auftreten im Sport 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 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 13 Mädchen und 4 Burschen. Ein differenziertes Vorgehen im Unterricht ist im Rahmen des Projekts nicht geplant und erscheint auch nicht notwendig. Die Themenstellung – Verbindung von Physik und Sport – 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 sportlichen Themenstellungen soll die Motivation der Schüler/innen geweckt werden. Sie sollen ermutigt werden, sportliche Abläufe, die sie selbst oftmals durchgeführt oder gesehen haben, physikalisch zu hinterfragen und zu analysieren.

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

Untersucht werden soll:

Geschwindigkeitsverlauf beim 60-m-Lauf.

Weit- und Hochsprung (Aufzeichnung mittels Videokamera und anschließende Analyse am PC, Aufzeichnung des Kraftverlaufs durch ein Messinterface am PC).

Eine Universitätsprofessorin (Sportinstitut der Uni Graz) soll einen Theorie-Vortrag zum Thema Sprungtechniken halten und im Anschluss daran im Turnsaal mit den Schüler/innen diese Techniken in der Praxis trainieren.

Durch die theoretische Betrachtung von Weit- und Hochsprung sollen die Bewegungsabläufe mit physikalischen Inhalten verbunden werden.

1.4 Fragestellungen

Gelingt es, Schüler/innen für fächerverbindende Projekte zu begeistern?

Fördert die Verbindung mit dem Sport 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/PLANUNG

2.1 Geschwindigkeitsmessung

2.1.1 Mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit

Unter Geschwindigkeit versteht man den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg. Als Einheit ergibt sich m/s, im Alltag werden Geschwindigkeiten üblicherweise in km/h angegeben. Bei einer gleichförmigen Bewegung bleibt die Geschwindigkeit unverändert. In der Praxis ändert sich die Geschwindigkeit ständig. Gemessen wird immer eine Durchschnittsgeschwindigkeit.

Im Sport ist oft die Geschwindigkeit an einem bestimmten Ort oder zu einem bestimmten Zeitpunkt interessant, man spricht von Momentangeschwindigkeit. Eine Momentangeschwindigkeit existiert allerdings nur aus theoretischer Sicht, da für jede Geschwindigkeitsmessung die Messung über eine bestimmte Wegstrecke erfolgen muss.

Mit Hilfe eines Zeitmessgerätes und zweier Lichtschranken in einer Entfernung von 1 m soll zuerst die Zeit gemessen werden, die die Schüler/innen zum Durchlaufen dieser Strecke benötigen. In einem zweiten Durchgang wird der Abstand der beiden Lichtschranken verringert (z.B. 20 cm), so dass man auf Grund der kürzeren Strecke eher von einer Momentangeschwindigkeit sprechen kann.

Später soll die Laufstrecke beim 60-m-Lauf in zehn gleiche Wegabschnitte unterteilt werden und mit Hilfe von zehn Lichtschranken der Verlauf der zehn Teil-Geschwindigkeiten gemessen werden.

2.1.1.1 Geschwindigkeit beim Laufen

Beim Lauf über eine kurze Wegstrecke (10 m) werden in einem Abstand von z.B. 1 m zwei Lichtschranken aufgestellt. Diese sind mit einem Kurzzeitmessgerät verbunden, das beim Durchqueren der Lichtschranken die Zeiten stoppt. Aus diesen Zeiten wird Geschwindigkeit berechnet.

2.1.1.2 Startzeit und Startbeschleunigung

Als Erweiterung der Laufzeitmessung wird die Startzeit extra festgehalten (Zeit vom Start des Zählers bis zur 1. Lichtschranke in 5 m Entfernung) und aus ihr die Startbeschleunigung bestimmt.

2.1.1.3 Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bremsweg beim Laufen

Der Bremsweg und die Bremsverzögerung sollen im Anschluss an die Laufzeitmessung bestimmt werden. Die Schüler/innen sollen nach Passieren der zweiten Lichtschranke möglichst rasch stehen bleiben. Der Bremsweg wird mit Hilfe eines Maßbandes gemessen.

Aus den Messwerten (Länge des Bremswegs und Geschwindigkeit) kann die Bremsverzögerung ermittelt werden.

2.1.2 Abschätzung von Geschwindigkeit und Beschleunigung beim Laufen mittels Videoanalyse

Mit Hilfe eines Videoanalyseprogramms sollen aus einer Videosequenz, die einen startenden Läufer/in zeigt, Startbeschleunigung und mittlere Geschwindigkeiten in der Anfangsphase des Laufs bestimmt werden.

2.1.3 Mittlere Geschwindigkeiten während eines in gleiche Abschnitte unterteilten 60-m-Laufes

Der Verlauf der Geschwindigkeit innerhalb eines 60-m-Laufes soll mit Hilfe eines Zeitmessgerätes und mehrerer Lichtschranken gemessen werden. Die Begriffe „Mittlere Geschwindigkeit“ und „Momentangeschwindigkeit“ sollen an diesem Beispiel diskutiert werden. Der für die einzelnen Läufer/innen wahrscheinlich unterschiedliche Geschwindigkeitsverlauf soll diskutiert werden.

2.2 Senkrechter Sprung

2.2.1 Bestimmung der Bein-Sprungkraft

Die Bein-Sprungkraft soll bei einem Sprung aus der Hocke aus der umgesetzten Energie bestimmt werden (genaue Definition siehe Lit. (1)). Dazu muss die Hocktiefe ermittelt werden. Das ist der Höhenunterschied des Schwerpunkts zwischen Normalposition und jener Position, bei der die höchste Sprunghöhe erzielt wird.

2.2.2 Kraftanalyse beim senkrechten Sprung

Mit Hilfe einer Kraftmessplatte soll der bei einem senkrechten Sprung auftretende Kraftverlauf aufgezeigt werden. Durch eine Videoanalyse kann dieser parallel verfolgt werden. Wieder kann die Bein-Sprungkraft bestimmt werden.

2.2.3 Kraftanalyse von Bewegungen

Mit Hilfe der Kraftmessplatte soll der Kraftverlauf bei verschiedenen Bewegungen der auf der Kraftmessplatte stehenden Person beobachtet werden. Untersucht werden können verschiedene Absprungmöglichkeiten, unterschiedliches Aufkommen auf der Platte (Dämpfung) und der Einfluss von Armbewegungen beim Sprung.

2.3 Weit- und Hochsprung

2.3.1 Weitsprung mit Zusatzgewichten

Bei den antiken olympischen Spielen verwendeten die Griechen beim Weitsprung Zusatzgewichte, sogenannte Halteres, um die Sprungweite zu erhöhen.

Einerseits konnte man sich an diesen Gewichten sozusagen „abstoßen“ (Impulsübertragung), andererseits bremsten die Hanteln die Bewegung zu Beginn, sodass die Muskeln mehr Energie aufbringen konnten. Die Kraft in der Muskulatur ist nämlich von der Geschwindigkeit abhängig: je langsamer eine Bewegung ist, desto mehr

Kraft kann erzeugt werden. Es ist also günstig, wenn eine Sprungbewegung erst im letzten Moment schnell wird.

Ein Zusammenhang zwischen Sprungweite und Hantelmasse soll herausgefunden werden.



2.3.2 Hochsprung

Ein Hochsprung in Floptechnik soll durchgeführt werden. An diesem Beispiel sollen die Überlegungen der vorigen Abschnitte über Armbewegungen und Sprunghöhen praktisch erprobt werden.

3 METHODEN/DURCHFÜHRUNG

3.1 Geschwindigkeitsmessung

3.1.1 Mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit

Vor den Messungen am Sportplatz wurde die prinzipielle Funktionsweise von Lichtschranken und elektronischen Zeitmessgeräten unterrichtet. Ein an der Schule vorhandener **Sportzähler** in Verbindung mit zwei Lichtschranken ermöglichte genaue Zeitmessungen.

Die Schüler/innen mussten beim Auf- und Abbau der Messeinrichtung mithelfen. Die Protokollierung der Messwerte erfolgte durch die Schüler/innen.

*Der **Sportzähler** dient zur Messung von zwei Zeiten, wobei die Zeitnehmung beim Startsignal zu laufen beginnt. Damit wäre es auch möglich, zwei Läufer gegeneinander antreten zu lassen. Hier wurden die Zeiten von zwei hintereinanderstehenden Lichtschranken gestoppt.*

Das Startkommando mit lautem Summertone erfolgt über einen Taster in der Commanderbox, wo auch die Tasten für Fehlstart und Reset untergebracht sind.

Die Stromversorgung wird über einen eingebauten 12-V-Bleigelakkumulator, der wahlweise aus einem Steckerladegerät oder aus einem Solarpanel (praktisch für einen Einsatz am Sportplatz) geladen werden kann, erreicht.

Das Gerät versorgt bis zu drei Lichtschranken, wobei eine wahlweise für den Start und die beiden anderen für die beiden Stoppsignale verwendet werden.

Die Lichtschranken an 10-m-langen Zuleitungen sind industrielle Reflexlichtschranken mit hoher Erfassungsgenauigkeit und minimaler Umgebungslichtempfindlichkeit. Die auf Zwingen montierten Lichtschranken, sowie die Rückstrahler lassen sich leicht auf beliebigen Stativstangen montieren.

Die Messwerte der beiden Zeitmesskanäle können über die RS232-Schnittstelle auch in einem PC ausgelesen werden.

3.1.1.1 Bestimmung der Laufgeschwindigkeit

Der Abstand der beiden Lichtschranken betrug beim ersten Durchgang 1 m und wurde im zweiten Durchgang auf 20 cm verringert, um näher an eine Momentangeschwindigkeit heranzukommen.

Die linke Zeitanzeige zeigt die Zeit (t_1) vom Start bis zum Passieren der ersten Lichtschranke und die rechte Anzeige die Zeit (t_2) bis zum Passieren der zweiten Lichtschranke. Die Differenz der beiden Zeiten ($t_2 - t_1$) ergibt die Laufzeit für die gemessene Strecke von 1 m bzw. 20 cm.



Aus den beiden gestoppten Zeiten wurde jeweils die Geschwindigkeit berechnet. Diese stellt natürlich nur eine Durchschnittsgeschwindigkeit für die durchlaufene Strecke dar. Bei der Nachbesprechung in der Folgestunde wurde auf die Problematik der Bestimmung einer Momentangeschwindigkeit eingegangen.



3.1.1.2 Startzeit und Startbeschleunigung beim Laufen

Mit dem Sportzähler wurde analog zur vorher beschriebenen Messung die Geschwindigkeit eines Läufers bestimmt. Diesmal wurde die erste Zeit (Startzeit, t_1) auch noch zur Berechnung der Startbeschleunigung des/r Läufers/in verwendet. Der Abstand der beiden Lichtschranken betrug 0,5 m.

Aus der Geschwindigkeit und der Startzeit wurde die Startbeschleunigung berechnet. Die gewünschte Auswertung der Messwerte wurde vor der Durchführung der Messung am Schulgang behandelt.

Die Messwerte wurden mit Hilfe der Tabellenkalkulation in einem Tabellenblatt zusammengestellt und daraus die Beschleunigungswerte berechnet. Die erhaltene Beschleunigung wurde mit den Beschleunigungswerten von Fahrzeugen verglichen.

t_1 (Startzeit)	2,45	Weg: 0,5 m
t_2	2,57	Dauer: 0,12 s
Geschwindigkeit:	4,2 m/s	
	15,0 km/h	
Beschleunigung:	1,7 m/s²	
Das entspricht einer Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in 16,3 Sekunden.		
Ferrari F50: 3,0 s Mercedes E350: 6,9 s		
A200: 9,8 s Alfa Romeo: 11 s Opel Astra: 14,1 s		
U-Bahn: 28 s Güterzug: 280 s		

3.1.1.3 Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bremsweg beim Laufen

Als weiterer Schritt kam zur Laufzeitmessung die Bestimmung des Bremsweges hinzu. Die Schüler/innen mussten nach Passieren der zweiten Lichtschranke möglichst rasch stehen bleiben. Der Bremsweg wurde mit Hilfe eines Maßbandes gemessen.

Aus den Messwerten konnte mit Hilfe der Geschwindigkeit auch die Bremsverzögerung ermittelt werden.

3.1.2 Abschätzung von Geschwindigkeit und Beschleunigung beim Laufen mittels Videoanalyse

Geplant war die Analyse eines selbst gedrehten Videos eines/r Schülers/in auf dem schuleigenen Sportplatz beim 60-m-Lauf. Durch die Verzögerung des neu gestalteten Sportplatzes und die witterungsbedingte Nichtbenützbarkeit eines Ersatzplatzes musste auf im Internet verfügbare Videosequenzen zurückgegriffen werden.

Nach einer einstündigen Unterweisung in das an der Schule installierte Videoanalyseprogramm „Vidshell“ sollten die Schüler/innen aus einer Videosequenz die Startzeit, Geschwindigkeit und Startbeschleunigung eines Läufers ermitteln. Dazu wurden in mehreren Bildern entsprechende Punkte (Ohr des Läufers) markiert und die Abstände vermessen. Die zeitlichen Abstände der Markierungen wusste man aus der Bildanzahl pro Sekunde (24). Wie auch bei den zuvor durchgeführten Messungen wurde aus Weg und Zeit die Geschwindigkeit berechnet.

Zum Abschluss mussten alle Schüler/innen die gleiche Aufgabe lösen (siehe 4.1.2)

3.1.3 Mittlere Geschwindigkeiten in mehreren Phasen eines Laufes

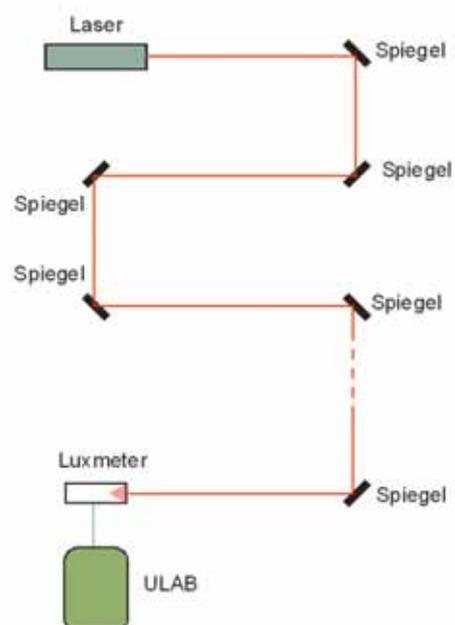
Die Laufzeiten sollten für mehrere kürzere Wegabschnitte (ca. 2 m) gemessen werden um daraus die Geschwindigkeiten zu berechnen.

Der erste Versuch wurde für einen Lauf in der Pausenhalle der Schule geplant. Es sollte ein Laserstrahl über mehrere schräg stehende Spiegel,

jeweils normal zur Laufstrecke „Lichtscharter“ bilden. Der Laserstrahl sollte am Ende der Messstrecke auf ein Luxmeter (Photozelle) treffen. Die an der Fotozelle auftretende Spannung sollte mit dem **ULAB-Datenlogger** gemessen werden.

Leider erwies sich diese Anordnung als nicht brauchbar. Durch die Aufweitung des Laserstrahls über die zahlreichen Spiegel und die lange Strecke waren die Messungen sehr vom Umgebungslicht abhängig und daher die Signaländerungen nicht signifikant genug. Der relativ hohe Zeitaufwand für die Justierung der Spiegel machte einen sinnvollen Einsatz im Unterricht unmöglich.

Die Messanordnung mit den Spiegeln wurde in verkürzter Form zur Laufzeitmessung (wie bei 3.1.1) eingesetzt. Die Daten wurden mit dem Messinterface ULAB aufgezeichnet.



ULAB mit der Software **Coach5** kann in drei verschiedenen Anwendersituationen verwendet werden:

- als unabhängiges Gerät für Feldmessungen, da batteriebetrieben,
- als vielseitiges Multimeter für die direkte Anzeige physikalischer Größen und
- als eine mit dem PC verbundene Schnittstelle mit direkter Bildschirmanzeige.



Mit wenigen Tastendruckungen 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 Daten können im Nachhinein in den PC eingelesen und dort ausgewertet werden. Es steht auch eine Exportfunktion zur Verfügung, so dass man die Daten auch in einer Tabellenkalkulation auswerten kann.

Für die Aufteilung der Laufstrecke musste eine bessere Methode als die Umlenkung eines Laserstrahls durch Spiegel gefunden werden. Es sollten 60 m in Abschnitte unterteilt werden, die Anordnung musste kostengünstig sein und der Aufbau musste einfach und rasch erfolgen.

Die Begriffe „Mittlere Geschwindigkeit“ und „Momentangeschwindigkeit“ sowie die Unmöglichkeit des Erbringens einer konstanten Geschwindigkeit über eine längere Strecke sollten an diesem Beispiel demonstriert und diskutiert werden.

Die 60-m-Laufstrecke wurde schließlich in zehn gleich lange Abschnitte unterteilt und mit zehn Lichtschranken Signale gesetzt, deren zeitlicher Abstand sich ermitteln lässt. Ermöglicht wurde diese Messung durch eine eigens angefertigte Lowcost-Lichtschrankenkette in Verbindung mit dem ULAB-Datenlogger.

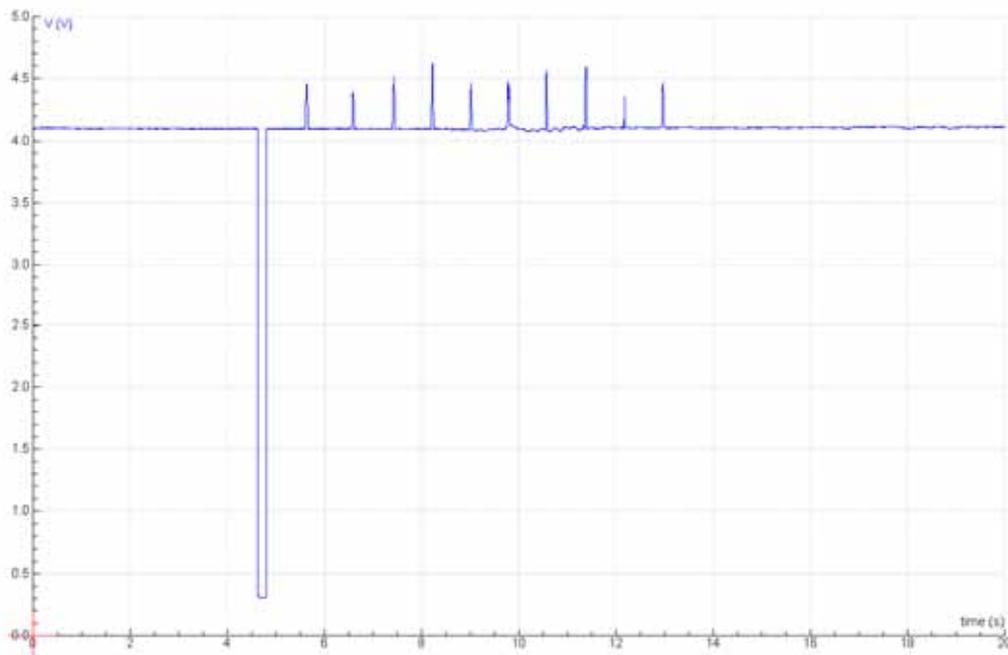
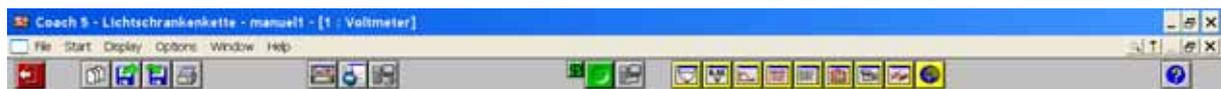
Die Lichtschrankenkette besteht aus zehn Lichtschranken aus jeweils einem Laser und einem Fototransistor, die alle in Serie geschaltet sind. Die Sicherung gegen Umgebungslicht wird einerseits durch die vergleichsweise hohe Intensität des Laserstrahls und andererseits beim Empfänger durch eine einfache Röhreoptik sichergestellt. Die Versorgung der Laser erfolgt aus einem 6-V-Bleigel-Akkumulator. Die Empfängerkette wird über eine einfache Auswerteelektronik, die auch das akustische Startkommando erzeugt, mit dem ULAB-Datenlogger verbunden. Dieser erhält ein Spannungssignal, das sich beim Start und auch beim Durchqueren einer Lichtschranke ändert. Diese Signale wurden in mehreren Messreihen festgehalten und anschließend ausgewertet.



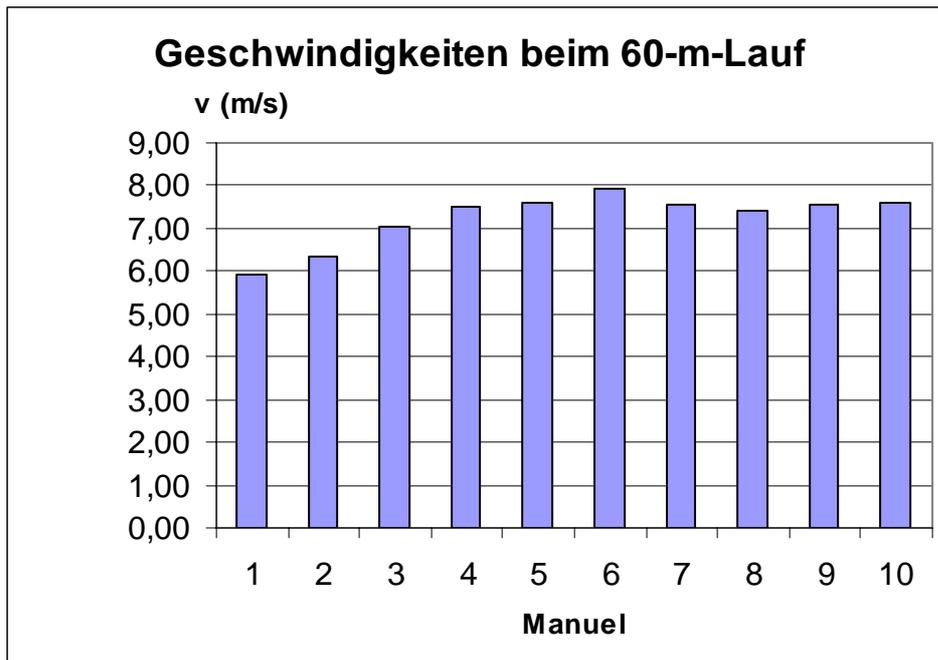
Der Auf- und Abbau der Lichtschranken erforderte den Einsatz aller Läufer. Da die Messung eine Premiere war, waren alle gespannt auf das Ergebnis. Am Datenlogger wurde eingestellt, dass die Messung 20 Sekunden lang dauern sollte und dabei pro Sekunde 200 Messwerte aufgezeichnet werden. Das ergab enorme Datenmengen (4000 Messwerte je Läufer), die im Anschluss in einen PC übertragen und dann exportiert wurden. Mit der Tabellenkalkulation wurden die Daten ausgewertet (Änderungen in den Spannungswerten gesucht), Geschwindigkeiten berechnet und grafisch dargestellt. Überraschenderweise waren nur einige Datenreihen unbrauchbar, weil sich offenbar der Laser oder der Empfänger mechanisch verstellt hatten. Für zukünftige Messungen muss die Fixierung der Laser verbessert werden und vor allem ständig überwacht werden.



Das Ergebnis mit der Software Coach:



Das Ergebnis nach der Auswertung mit der Tabellenkalkulation:



Laufzeit: 7,55 s

Mittlere Geschwindigkeit: 7,95 m/s (28,61 km/h).

Weitere Ergebnisse und die dazugehörigen Tabellen finden sich im Abschnitt 4 (Ergebnisse).

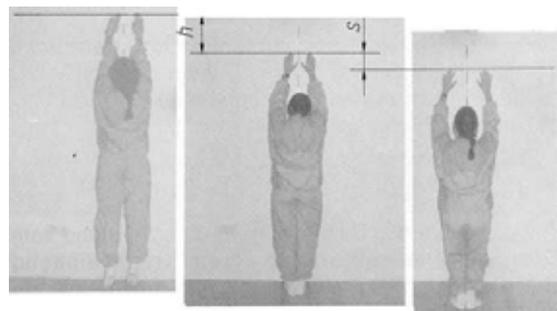
Ein fächerübergreifender Unterricht ergab sich auch noch dadurch, dass einige Schüler/innen der 6. Klassen, die an der Geschwindigkeitsmessung beteiligt waren, das Wahlpflichtfach Informatik besuchten. In der auf die Messungen folgenden Unterrichtseinheit wurden die gemessenen Daten mit Hilfe der Tabellenkalkulation ausgewertet und die Ergebnisse grafisch dargestellt.

3.2 Senkrechter Sprung

3.2.1 Bestimmung der Bein-Sprungkraft

Die mittlere Bein-Sprungkraft kann nach Lit. (1) bei einem Sprung aus der Hocke bestimmt werden. Im einfachsten Fall stellt sich die Versuchsperson vor eine Wand und springt mit erhobenen Händen. Diese Vorgangsweise wurde für die Aufgabe gewählt.

Zuerst musste die Hocktiefe s , das ist die Position, bei der die höchste Sprunghöhe erzielt wird, bestimmt werden. An der Wand wurde durch eine zweite Person die Position der gestreckten Hände in Normalstellung und dann in Hockstellung markiert. Während des Sprunges musste nun die Position der gestreckten Hände in Höchststellung bestimmt werden, wodurch die Hubhöhe h des Körpers ermittelt werden konnte.





Univ. Prof. Dr. Sigrid Thaller erklärte den Schüler/innen bei ihrem Besuch in Wien, was an Sportinstituten mit einer Kraftmessplatte gemessen werden kann. Diese Platte arbeitet wie eine elektronische Waage bzw. Kraftmesser. Wird auf die Kraftmessplatte etwa durch die Bewegung der Beine eine Kraft ausgeübt, so zeigt sie die in der Gegenrichtung auftretende Reaktionskraft zusätzlich zum Gewicht an.

Eine genauere Bestimmung ermöglichte die Verwendung einer Videokamera. Damit konnte der Sprung aufgezeichnet werden und aus dem Video wurden dann mittels geeigneter Software (Freeware ist ausreichend) die drei markanten Positionen, wie Normalstellung, Hockstellung und Höchststellung herauskopiert und im Unterricht ausgewertet.

Die Sprunghöhe kann auf zwei Arten definiert werden:

- a) Die Differenz zwischen Schwerpunkthöhe im Stand und Schwerpunkthöhe in der höchsten Position des Sprunges. Anstelle des Schwerpunktes wird ein ausgewählter Punkt am Kopf genommen.
- b) Die Höhe, die von allen Körperteilen überwunden wird (Lattenhöhe).

Die Sprünge von „Adam“ und „Eva“ zeigen komplett verschiedene Techniken zur Erreichung einer großen Sprunghöhe. Adam versucht, den Schwerpunkt möglichst hoch zu bekommen, die Beine bleiben während des Sprunges gestreckt. Eva versucht, durch Anziehen der Beine eine imaginäre Latte zu überspringen. Die Sprunghöhe im Sinne der Definition b) ist also bei Eva höher. Bei der Auswertung (4.2.2) wurde die Definition a) angewendet.



3.2.2 Kraftanalyse beim senkrechten Sprung

Mit Hilfe einer **Kraftmessplatte**, angeschlossen an ein **Messinterface**, und geeigneter Software (diLAB) wurde der bei einem senkrechten Sprung auftretende Kraftverlauf aufgezeichnet.

Die **Kraftmessplatte** besteht aus 2 Kunststoffplatten ($d = 8$ bzw. 15 mm). Die obere Platte wird durch 4 Messingröhrchen ($d=10$ mm) getragen. Auf den Messingröhrchen ist jeweils ein Dehnungsmessstreifen (DMS) aufgeklebt. Die DMS verändern ihren elektrischen Widerstand in Abhängigkeit von der mechanischen Belastung (Druck oder Zug).

Die vier DMS sind in einer Brückenschaltung miteinander verbunden und liefern mit Hilfe einer einfachen Elektronik eine von der Krafteinwirkung abhängige elektrische Spannung. In diesem Experiment erfolgt die Auswertung über die diBox mit der dazugehörigen Software diLab.



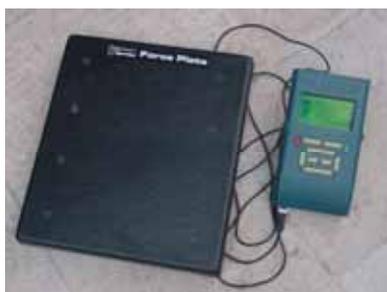
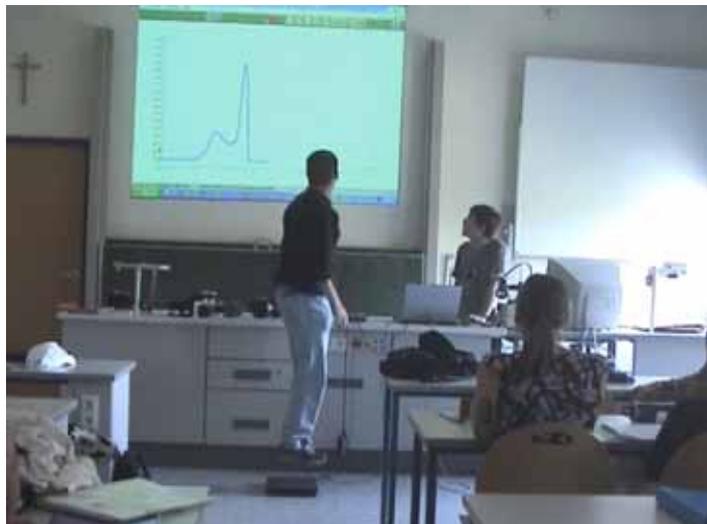
Als zweckmäßig erwies sich das Programm diLAB - „Oszilloskop“. Die Messwerte wurden allerdings nicht in der Einheit Newton angezeigt sondern als Spannungswerte. Eine Umrechnung von Volt in Newton war relativ leicht möglich, wenn man das Körpergewicht der Versuchsperson kannte. Analog zu 3.2.1 konnte die mittlere Bein-Sprungkraft bestimmt werden.

Der Sprung wurde mit einer Videokamera gefilmt. Mit einer geeigneten Software (Freeware ist ausreichend) wurden die charakteristischen Positionen, wie Hocktiefe, Verlassen der Sprungplatte, maximale Sprunghöhe und Auftreffen auf der Platte aus dem Video kopiert und mit den entsprechenden Stellen im Kraft-Zeit-Diagramm verglichen.

3.2.3 Kraftanalyse von Bewegungen

Mit Hilfe der Kraftmessplatte wurde der Kraftverlauf bei verschiedenen Bewegungen der auf der Kraftmessplatte stehenden Person beobachtet. An Bewegungen waren neben Sprüngen unterschiedliches Aufkommen auf der Platte nach dem Sprung sowie verschiedene Armbewegungen zu untersuchen.

In diesem Experiment wurde die Kraftmessplatte mit dem ULAB-Datenlogger eingesetzt. Auch in diesem Fall musste die ausgegebene Spannung in Newton umgerechnet werden, was durch die dazugehörige Software COACH 5 erfolgte.

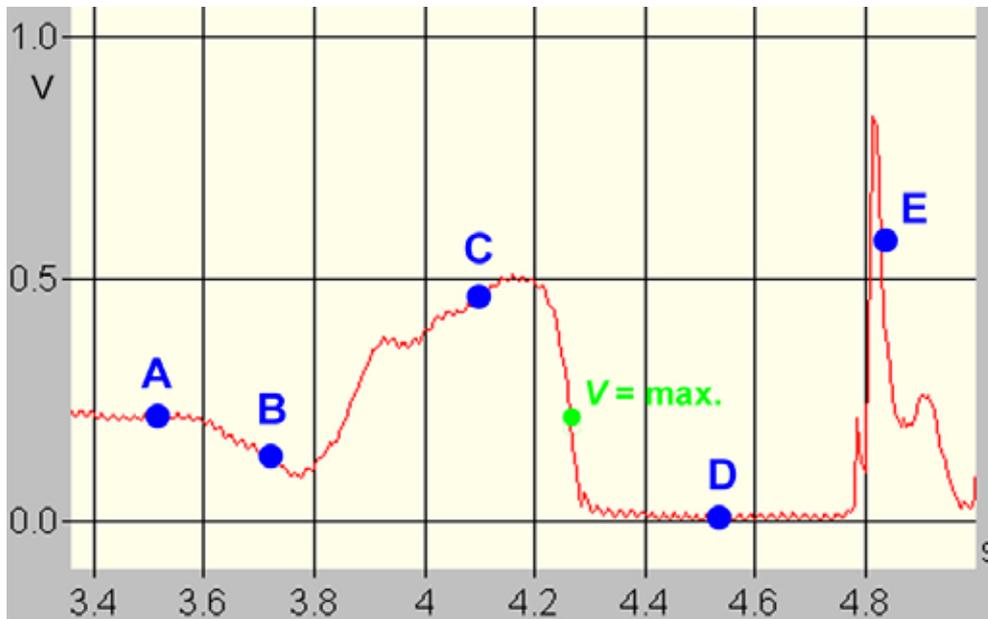


Im weiteren Verlauf des Schuljahres konnten mit einer Vernier-Kraftmessplatte nochmals diese Messungen durchgeführt werden, wobei Messwerte sofort in Newton ausgegeben wurden.

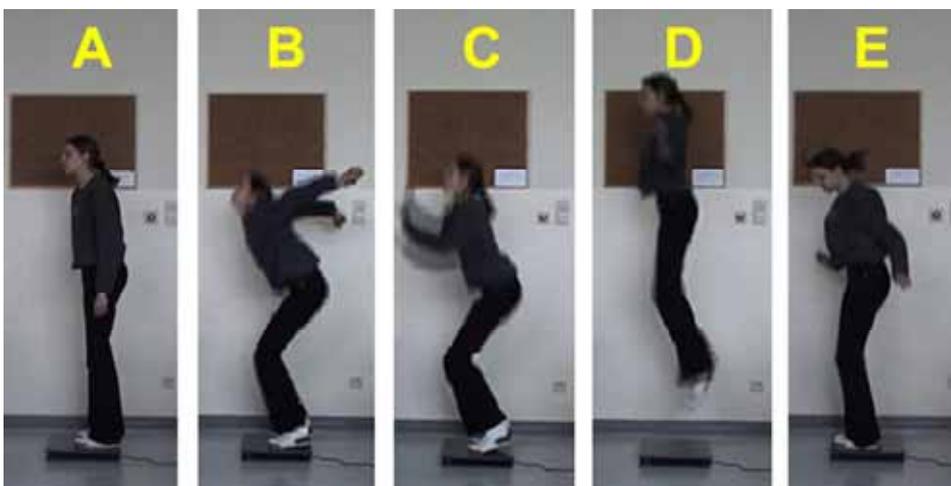
Die Kraftmessplatte (Vernier) hat zwei Empfindlichkeitsbereiche mit ± 800 N und ± 35000 N.

Einzelne Positionen des Sprungs wurden mit dem aufgezeichneten Kraftverlauf in Beziehung gesetzt. Im Folgenden sind fünf markante Stellen aus dem Video des Sprungs herausgegriffen und Punkten im Kraft-Zeit-Diagramm zugeordnet worden.

Im Kraft-Zeit-Diagramm ist die Einheit 1 V, da die Kraftmessplatte Spannungen liefert. Aus dem Gewicht der Springerin (50 kg) kann die Kraft in Newton errechnet werden. Hier gilt: 1 V entspricht etwa 2 000 N.



A	Ausgangsstellung	$F = \text{Gewicht}$
B	Während Ausholbewegung	$F < \text{Gewicht}$
C	Absprungphase	$F > \text{Gewicht}$
D	„Flug“, in der Luft	$F = 0$
E	Aufsprungphase	$F > \text{Gewicht}$



3.2.3.1 Unterschiedliche Absprünge



Auf die nächsten Sprungexperimente wurden die Schüler/innen durch Besprechung der bisherigen Ergebnisse vorbereitet. Zur Untersuchung des Absprungs erhielten sie folgende Aufgaben:

Aufgabe 1: Versuche möglichst ohne Armbewegung und ohne Ausholen (aus einer fixen Hocktiefe) zu springen.

Aufgabe 2: Versuche ohne Armbewegung, aber mit Ausholen zu springen.

Aufgabe 3: Versuche ohne Ausholen, aber mit Armbewegung zu springen.

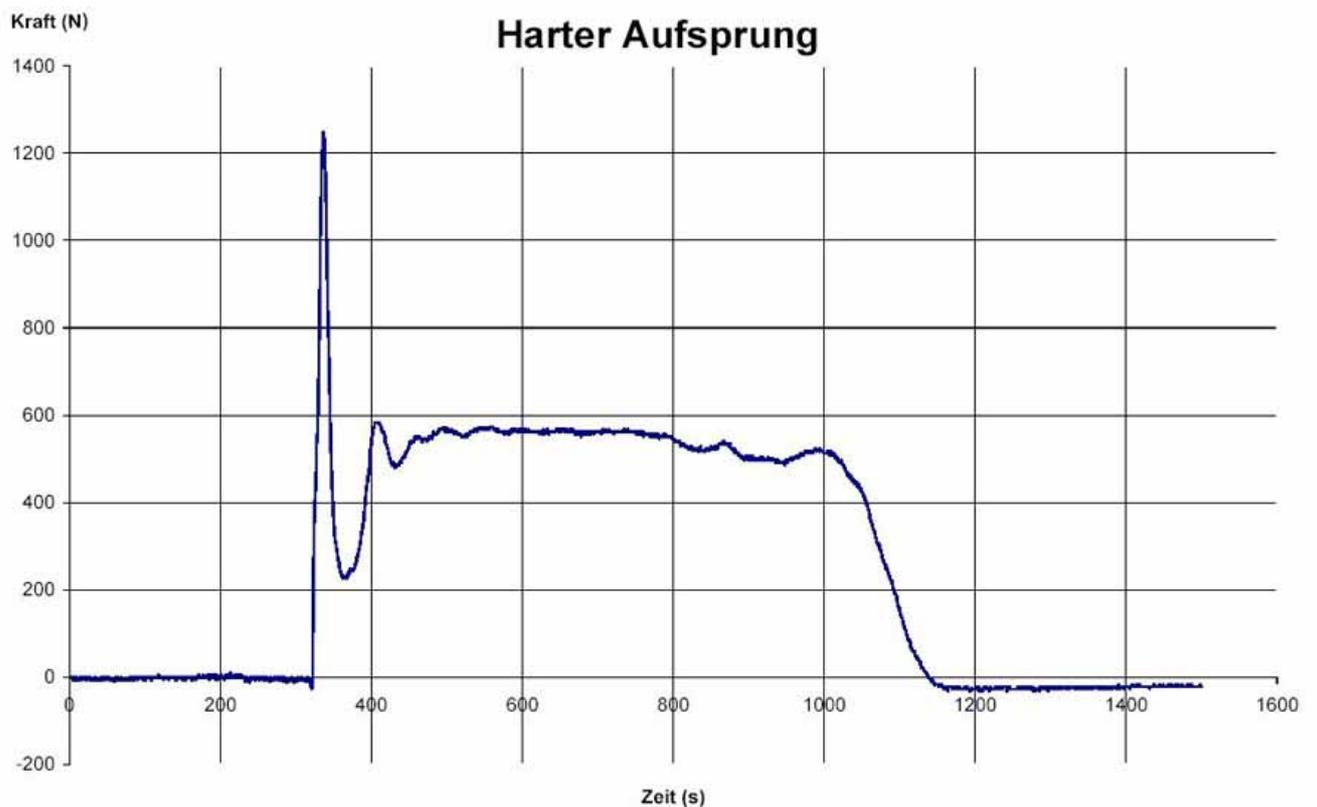
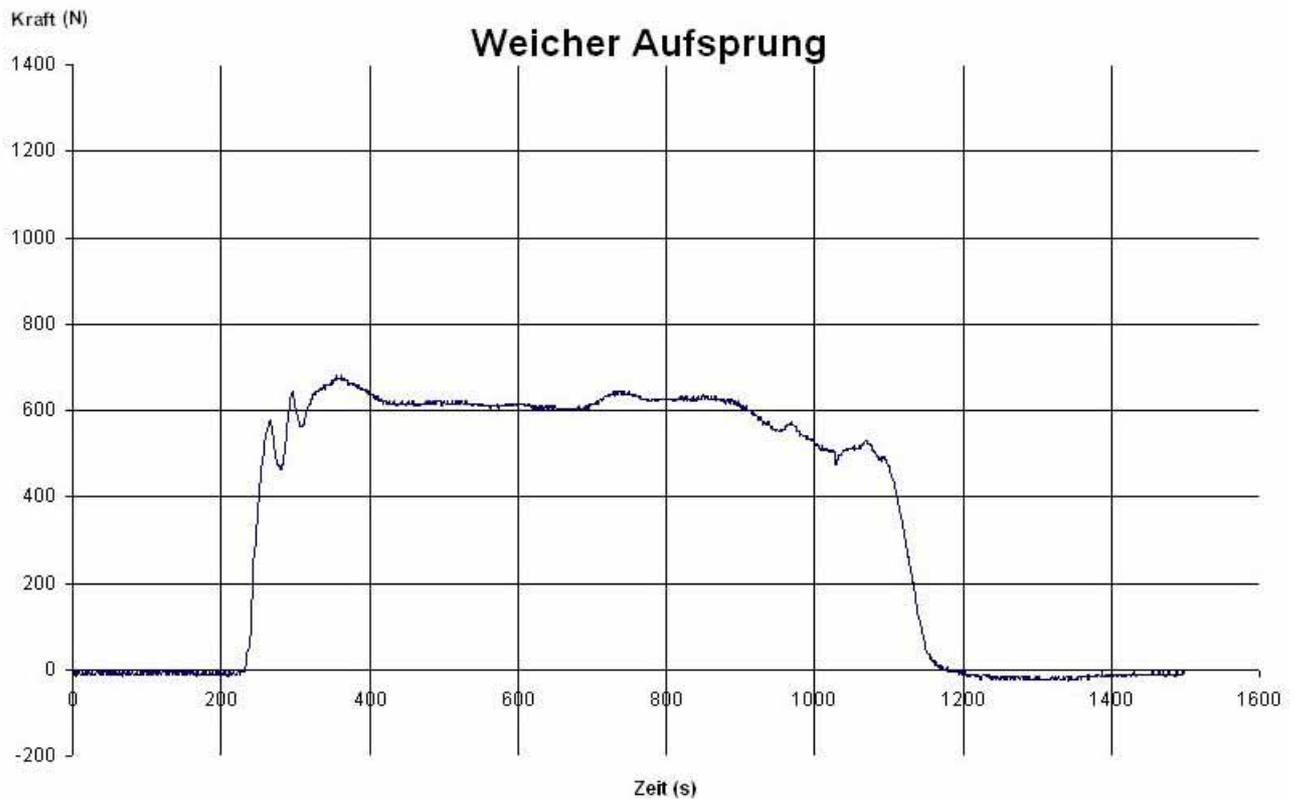
Aufgabe 4: Springe so hoch du kannst, also mit Ausholen und Armbewegung.

Die Abbildung zeigt den Kraftverlauf, wie er vom Messinterface ULAB aufgezeichnet wurde, für Aufgabe 1. Die weiteren Kurven sind in Abschnitt 4.2.3 (Ergebnisse) abgebildet.



3.2.3.2 Unterschiedliches Aufspringen

Aufgabenstellung: Versuche, möglichst sanft, dann möglichst hart zu landen.



Ergebnis:

Harter Aufsprung hat größere Kraftspitzen, erfolgt in kürzerer Zeit.

Der Kraftstoß (Fläche unter der Kurve) bleibt gleich.

Die Kräfte, die im Kniegelenk wirken, hängen auch noch vom Kniewinkel ab: je gebeugter das Knie, desto größer die Belastung. Ein In-die-Knie-gehen verringert zwar die Spitzenkräfte, die außen gemessen werden, aber erhöht eventuell die Belastung im Knie.

3.2.3.3 Einfluss von Armbewegungen

Messung der Bodenreaktionskraft bei Bewegung der Arme.

Aufgabenstellung: Kurzes Heben und Senken der Arme beim Stehen auf der Kraftplatte.

Ergebnis:

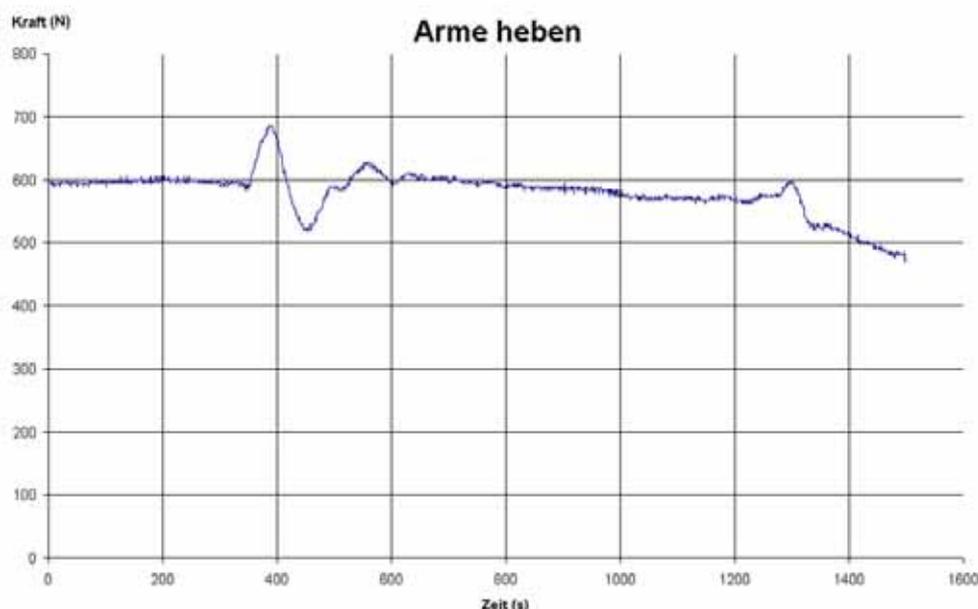
Ein Heben der Arme bewirkt eine Erhöhung des Schwerpunktes und daher eine positive Kraft auf die Messplatte.

Der Kraftausschlag hängt von der Kraft in den Armen und vom Gewicht der Arme ab.

Weitere Aufgabenstellungen:

Aufgabe 1: Versuche, mit einer bestimmten Frequenz die Arme auf und ab zu bewegen.

Aufgabe 2: Versuche, mit derselben Frequenz, aber mit Hanteln in den Händen, die Bewegung durchzuführen.



Die Messungen zu den Aufgaben 1 und 2 wurden durchgeführt, die Messwerte jedoch nicht gespeichert. Der aufgezeichnete Kraftverlauf wurde sofort interpretiert.

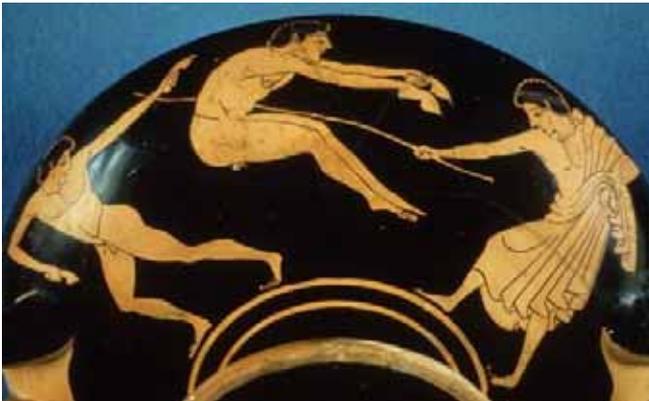
Ergebnis: Mit höheren Gewichten ist es schwieriger, die Arme schnell auf und ab zu bewegen. Der Kraftausschlag wird geringer.

3.3 Weit- und Hochsprung

3.3.1 Weitsprung

Der Einfluss von Armbewegungen mit verschiedenen Gewichten auf den Kraftverlauf wurde wie im Abschnitt „Kraftanalyse von Bewegungen“ beschrieben, auch beim Weitsprung untersucht.

Danach wurden Weitsprünge mit verschiedenen Zusatzgewichten durchgeführt.



Hinweis: Dabei ist zu beachten, dass die Schüler/innen ein eventuelles Loslassen der Gewichte berücksichtigen und daher Zuschauer nicht in Sprungrichtung stehen.

Der gesuchte Zusammenhang zwischen Sprungweite und Hantelmasse führte zu folgendem Ergebnis:

Die Sprungweiten erhöhen sich mit Zusatzgewichten.

Es gibt optimale Gewichte für jede Person.

Zu schwere Gewichte bewirken

- a) eine Verringerung der Sprungweite
- b) eine nicht optimale Durchführung, weil die Trägheit der Gewichte zu groß ist, um die Armbewegung richtig mit dem Sprung zu koordinieren.



3.3.2 Hochsprung

Beim Sprung über die Latte [Höhe = 1,20 m] sollte versucht werden, die Floptechnik richtig durchzuführen. Insbesondere sollte versucht werden, den Schwerpunkt nicht über die Latte zu bringen, sondern die einzelnen Körperabschnitte nach und nach über die Latte zu bringen.

Beim Fosbury-Flop wird der Körperschwerpunkt unter der Latte durchbewegt.



Diese Sprungtechnik erfordert sehr viel Training und wurde von den Schüler/innen nicht geschafft. Beim Sprung zeigte sich, dass die Schüler/innen den gesamten Körper gleichzeitig über die Latte bewegten.



Die Armbewegung nach oben erfolgte, wie schon beim senkrechten Sprung, während der Absprungphase. Daher wurde während der Absprungphase eine zusätzliche Kraft nach unten erzeugt, die die Bewegung zuerst verlangsamte und damit wieder zu mehr Energiegewinn aus der Muskulatur führte.

4 ERGEBNISSE

4.1 Arbeitsblätter, Lösungen und Tabellen bei der Geschwindigkeitsmessung

4.1.1 Mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit

4.1.1.1 Bestimmung der Laufgeschwindigkeit

Die Ergebnisse der Zeitmessung und die berechneten Geschwindigkeiten:

	t1 (s)	t2 (s)	t2-t1 (s)	v=1/t (m/s)	v (km/h)
Arlet	2,79	2,97	0,18	5,56	20,00
Stefan	2,51	2,62	0,11	9,09	32,73
Julia	2,51	2,70	0,19	5,26	18,95
Gabriele	2,71	2,87	0,16	6,25	22,50
Nadja	2,23	2,42	0,19	5,26	18,95
Tanja	2,31	2,46	0,147	6,80	24,49
Corinna	2,77	2,95	0,18	5,56	20,00
Verena	2,50	2,65	0,15	6,67	24,00
Sanije	2,70	2,87	0,17	5,88	21,18
Ümit	2,59	2,73	0,14	7,14	25,71
Andrea	2,80	3,02	0,22	4,55	16,36
Christopher	2,19	2,33	0,14	7,14	25,71
Anastasia	3,23	3,42	0,19	5,26	18,95
Senem	2,59	2,82	0,23	4,35	15,65
Selma	2,76	2,94	0,18	5,56	20,00

4.1.1.2 Startzeit und Startbeschleunigung

Die Berechnung der Startbeschleunigung aus Geschwindigkeit und Zeit bis Erreichen der 1. Lichtschranke

	t1 (s)	t2 (s)	t2-t1 (s)	v=1/t (m/s)	a=v/t1 (m/s²)	v (km/h)
Arlet	2,76	2,95	0,19	5,26	1,91	18,95
Stefan	2,65	2,81	0,16	6,25	2,36	22,50
Julia	2,57	2,72	0,15	6,67	2,59	24,00
Gabriele	3,01	3,18	0,17	5,88	1,95	21,18
Nadja	2,64	2,83	0,19	5,26	1,99	18,95
Tanja	2,57	2,74	0,17	5,88	2,29	21,18
Verena	2,52	2,69	0,17	5,88	2,33	21,18
Sanije	2,90	3,21	0,31	3,23	1,11	11,61
Ümit	2,55	2,70	0,15	6,67	2,61	24,00
Christopher	2,31	2,42	0,11	9,09	3,94	32,73
Hubert	2,65	2,83	0,18	5,56	2,10	20,00
Anastasia	3,38	3,61	0,23	4,35	1,29	15,65
Senem	2,58	2,80	0,22	4,55	1,76	16,36
Selma	2,99	3,23	0,24	4,17	1,39	15,00

4.1.1.3 Bremsweg und Verzögerung

Nach den Lichtschranken wurde möglichst schnell abgebremst.

	t_1 (s)	t_2 (s)	t_2-t_1 (s)	$v=1/t$ (m/s)	s (m)	$b=v^2/2s$ (m/s ²)
Arlet	2,79	2,97	0,18	5,56	0,7	20,85
Stefan	2,51	2,62	0,11	9,09	8,0	5,17
Julia	2,51	2,70	0,19	5,26	5,0	2,77
Gabriele	2,71	2,87	0,16	6,25	3,4	5,74
Nadja	2,23	2,42	0,19	5,26	4,5	3,08
Tanja	2,31	2,46	0,15	6,80	4,6	5,03
Corinna	2,77	2,95	0,18	5,56	3,1	4,98
Verena	2,50	2,65	0,15	6,67	6,1	3,64
Sanije	2,70	2,87	0,17	5,88	7,0	2,47
Ümit	2,59	2,73	0,14	7,14	7,2	3,54
Andrea	2,80	3,02	0,22	4,55	4,2	2,46
Christopher	2,19	2,33	0,14	7,14	4,8	5,31
Anastasia	3,23	3,42	0,19	5,26	3,9	3,55
Senem	2,59	2,82	0,23	4,35	5,0	1,89
Selma	2,76	2,94	0,18	5,56	4,9	3,15

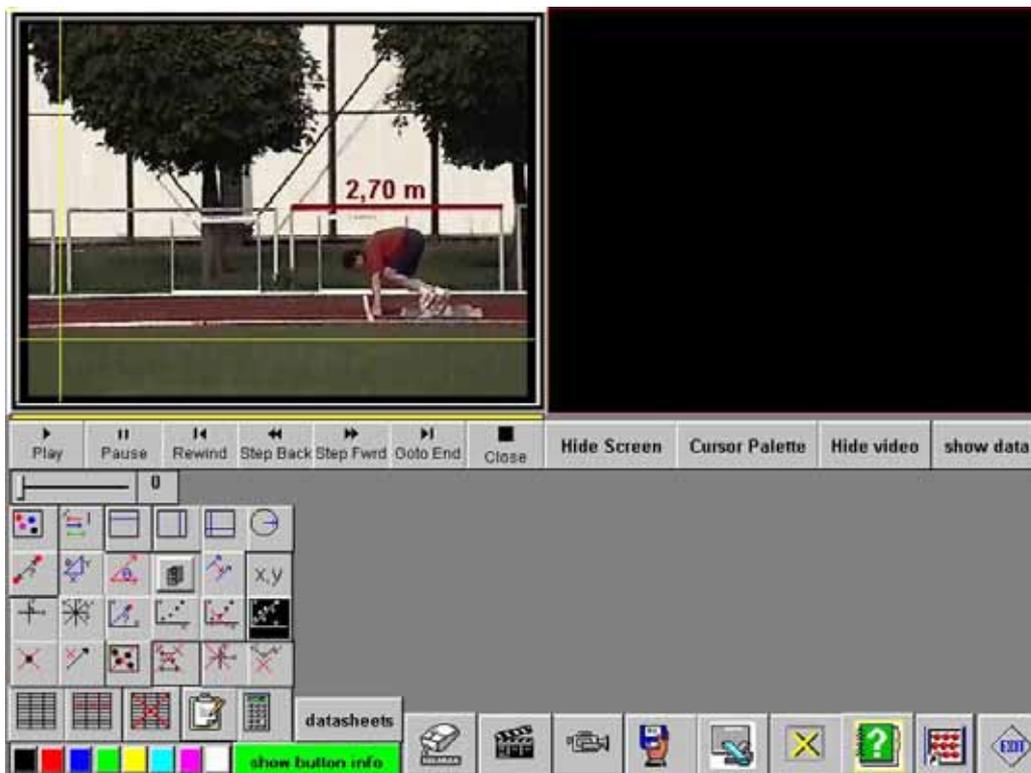
4.1.2 Videoanalyse eines Läufers

In diesem Arbeitsblatt sind die Lösungen, wie sie von den Schüler/innen erhalten wurden, in rot eingetragen.

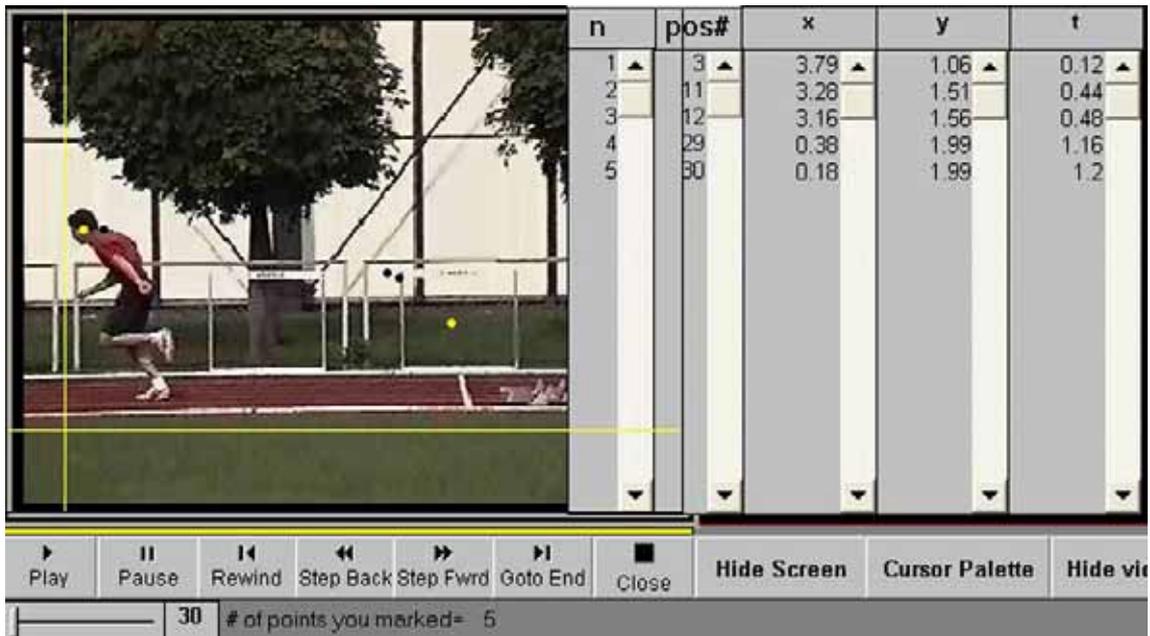
Videoanalyse zur Bestimmung der Beschleunigung des Läufers

Analyse mit dem Programm Vidshell

Mit einer bekannten Entfernung wird der Maßstab festgelegt.



Die fünf Markierungspunkte zeigen die Position des Ohres des Läufers zu den Zeitpunkten t_1 bis t_5 .
(1 und 5 sind hell, 2 bis 4 sind dunkel)



Bestimme die Momentangeschwindigkeit v_1 (zwischen Pos 11 und Pos 12):

$$V_1 = 0,12 / 0,04 = 3 \text{ m/s} = 10,8 \text{ km/h}$$

Bestimme die Momentangeschwindigkeit v_2 (zwischen Pos 29 und Pos 30):

$$V_2 = 0,2 / 0,04 = 5 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h}$$

Bestimme die mittlere Geschwindigkeit v_3 (zwischen Pos 3 und Pos 30):

$$V_3 = 3,61 / 1,08 = 3,34 \text{ m/s} = 12 \text{ km/h}$$

Bestimme die Startbeschleunigung a_0 :

$$a_0 = 3 / 0,34 = 8,8 \text{ m/s}^2$$

Bestimme die Beschleunigung a_1 (Läufer nach etwa 1 Sekunde):

$$a_1 = 5 / 1 = 5 \text{ m/s}^2$$

4.1.3 Mittlere Geschwindigkeit in mehreren Phasen eines Laufes

Neben der mittleren Geschwindigkeit auf 10 Teilstrecken des 60-m-Laufes wurde auch eine Liste mit den Laufzeiten und den mittleren Geschwindigkeiten erstellt und nach der Größe sortiert.

Von den 38 aufgenommenen Datenreihen konnten 25 ausgewertet werden, die übrigen waren unbrauchbar, da sich offensichtlich die Lichtschranke verstellt hatte. Es wurden die Läufe von 11 Burschen und 5 Mädchen analysiert.

Ergebnisse der Laufzeiten des 60-m-Laufs:

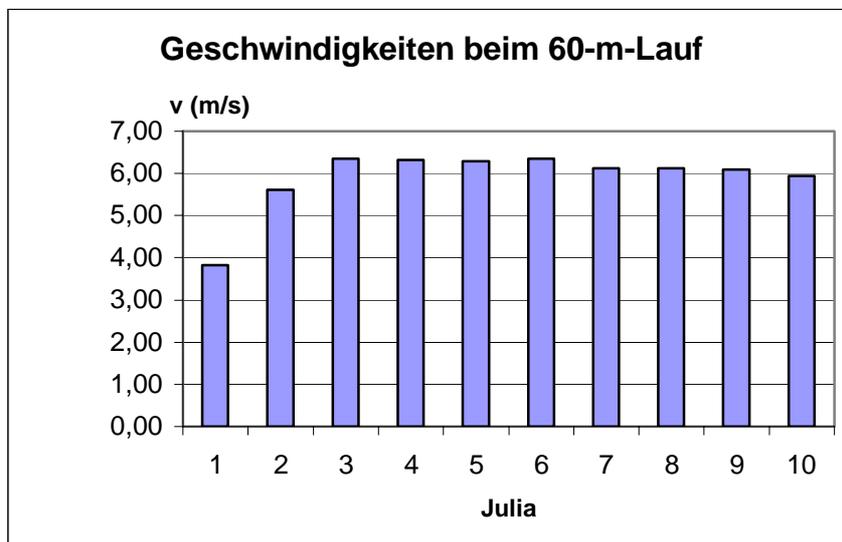
Läufer/in	Laufzeit [s]
Christoph 2	7,27
David	7,27
Markus 2	7,41
Christoph 1	7,51
Manuel 1	7,55
Lazo 1	7,70
Lazo 2	7,91
Stephan 2	7,94
Thomas 2	7,95
Markus 1	8,02
Manuel 2	8,10
Eren 1	8,44
Stivi 1	8,44
Philipp 2	8,45
Philipp 1	8,48
Thomas 1	8,54
Eren 2	8,56
Tanja 3	8,74
Verena 2	9,34
Julia 2	9,38
Stivi 2	9,46
Senem 1	9,57
Verena 1	10,11
Tanja 1	10,30
Gabi 2	10,98

Julia

Zeit (s)	Zeitintervall (s)	Weg (m)	Geschwindigkeit	
			v (m/s)	v (km/h)
2,645	0,000	0		
4,215	1,570	6	3,82	13,76
5,285	1,070	12	5,61	20,19
6,230	0,945	18	6,35	22,86
7,180	0,950	24	6,32	22,74
8,135	0,955	30	6,28	22,62
9,080	0,945	36	6,35	22,86
10,060	0,980	42	6,12	22,04
11,040	0,980	48	6,12	22,04
12,025	0,985	54	6,09	21,93
13,035	1,010	60	5,94	21,39
Laufzeit:		9,38 s		
mittl. v		6,40 m/s		
mittl. v		23,03 km/h		

Zeiten und Geschwindigkeiten in den 10 Abschnitten.

Das Diagramm mit den Geschwindigkeitswerten für den 60-m-Lauf eines Mädchens:



4.2 Arbeitsblätter und Lösungen beim senkrechten Sprung

4.2.1 Bestimmung der mittleren Bein-Sprungkraft

4.2.1.1 Arbeitsblatt Adam

Bestimmung der mittleren Beinsprungkraft aus Hocktiefe und Hubhöhe des Körpers

Die 3 Bilder zeigen Phasen während eines Sprungs aus dem Stand.

Bestimme die Hocktiefe s und die Sprunghöhe (Hubhöhe des Körpers) h .

Das Körpergewicht des Springers beträgt 70 kg. Ermittle die (Bein-) Muskelkraft des Springers.



Die Lösungen sind **rot** eingetragen.

Der Abstand der beiden Schieber am Maßstab (am Schülertisch) beträgt 1m.

Abstand der beiden Marken (1 m): **20 mm**

1 mm am Bild entspricht **5 cm** in der Realität

Normalposition



Hocktiefe s (Bild): **10 mm**

Hocktiefe s (real): **50 cm**

Sprunghöhe h (Bild): **8 mm**

Sprunghöhe h (real): **40 cm**

Hocke (tiefste Position)



(Bein-) Muskelkraft F_B

$$F_B = ((h+s) / s) \cdot m \cdot g$$

$$F_B = (0,9 / 0,5) \cdot 70 \cdot 10 = 1260 \text{ N}$$

Höchste Position

4.2.1.2 Arbeitsblatt Eva

Bestimmung der mittleren Beinsprungkraft aus Hocktiefe und Hubhöhe des Körpers

Die 3 Bilder zeigen Phasen während eines Sprungs aus dem Stand.

Bestimme die Hocktiefe s und die Sprunghöhe (Hubhöhe des Körpers) h .

Das Körpergewicht des Springers beträgt 50 kg. Ermittle die (Bein-) Muskelkraft des Springers.



Normalposition

Die Lösungen sind **rot** eingetragen.

Der Abstand der beiden Schieber am Maßstab (am Schülertisch) beträgt 1m.

Abstand der beiden Marken (1 m): **20 mm**

1 mm am Bild entspricht **5 cm** in der Realität



Hocke (tiefste Position)

Hocktiefe s (Bild): **7 mm**

Hocktiefe s (real): **35 cm**

Sprunghöhe h (Bild): **8 mm**

Sprunghöhe h (real): **40 cm**



Höchste Position

(Bein-) Muskelkraft F_B

$$F_B = ((h+s) / s) \cdot m \cdot g$$

$$F_B = (0,75 / 0,35) \cdot 50 \cdot 10 = 1071 \text{ N}$$

4.2.2 Kraftanalyse Sprung

4.2.2.1 Sprung auf der Platte (Adam)

Die 5 Fotos sind dem Video Adam.avi entnommen.

Die Zahlen im Foto geben die laufende Sekunde bzw. das aktuelle Frame im Originalvideo an. Video: 25 Frames / Sekunde



Vor dem Sprung



Hocke (tiefster Punkt)



Verlassen der Sprungplatte



Höchster Punkt



Aufkommen auf der Sprungplatte



Kraft-Zeit - Diagramm, erstellt mit der diBox

Videoanalyse und Auswertung eines Sprungdiagramms (F/t)

Bestimmung von Beinkraft, mittlerer Leistung und Beschleunigungswerten
beim Sprung aus dem Stand

Kraft-Zeit - Diagramm, erstellt mit diBox

Name des Springers: Adam

Gewicht des Springers: 70 kg



Die von der Kraftmessplatte gelieferte Spannung ist nicht in Newton geeicht und muss aus dem Gewicht der Person geeicht werden. Außerdem muss der jeweilige Leerwert (Person in Sprungphase) abgezogen werden.

Für 70 kg (0,36 V) und Leerwert bei 0,06 V entsprechen 0,5 V etwa 1150 N.

Leerwert: 70 N

Anfangswert (Springer in Ruhe auf der Kraftmessplatte): ca. **700 N**

Zeitdifferenz Δt_1 zwischen Hocke und Absprung: **0,6 s**

Dauer des Sprungs in der Luft: **0,5 s**

Zeitdauer Δt_2 des Aufkommens auf der Kraftmessplatte: **0,04 s**

Kraft beim Aufprall auf Kraftmessplatte: ca. **2200 N**

Beiblatt

Name des Springers: Adam

Eichen der Fotos

1 m (Abstand zwischen den beiden Marken am Maßstab) in der Realität hat am Foto eine Länge von mm.

1 mm am Foto entspricht cm in der Realität

Strecke **s** (zwischen Hocke und Verlassen der Grundplatte):

am Foto: mm, in der Realität: cm

Strecke **h** (zwischen Stand und maximaler Höhe):

am Foto: mm, in der Realität: cm

Beispiel zur Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen 2 Fotos:

(25 Frames pro Sekunde ergibt $\Delta t = 0,04$ s)

1. Frame: 28:06

2. Frame: 29:08 Zeitdifferenz Δt : $19 + 8 = 27$ Frames = $27 \cdot 0,04$ s = 1,08 s

Eichen des Kraft-Zeit-Diagramms

Differenz zwischen Anfangswert und Leerwert (vertikale Kraftachse) : mm

Masse des Springers: 70 kg (ca. 700 N) 1 mm entspricht ca. N

Maximalwert der Kraft beim Aufprall auf Messplatte: N

Zeitspanne zwischen Hocke (anfänglicher Tiefwert) und Absprung: s

Dauer „in der Luft“: s

Beschrifte die einzelnen Abschnitte im Kraft-Zeit-Diagramm

Lösungen sind **rot** eingetragen

Springerdaten:

Name: **Adam**

Masse **m**: **70 kg**

Strecke **s** (zwischen Hocke und Stand): **45 cm**

Strecke **h** (zwischen Stand und maximaler Höhe): **50 cm**

Erdbeschleunigung **g**: 10 ms^{-2}

Δt_1 (Hocke – Absprung): **0,32 s**

Δt_2 (Aufkommen auf Sprungplatte): **0,1 s**

Geschwindigkeit nach dem Absprung v_1 : ca. **0,34 / 0,24 = 1,4 m/s**

Geschwindigkeit vor dem Aufkommen auf der Platte v_2 : ca. **0,5 / 0,24 = 2 m/s**

Auswertung

Formel für Beinkraft $F_B = ((h+s) / s) \cdot m \cdot g = (0,95 / 0,45) \cdot 70 \cdot 10 = 1477 \text{ N}$

$F_B =$ **ca. 1500 N**

Formel für die während der Beschleunigung verrichtete Arbeit $W_B = F_B \cdot s$

$W_B =$ **675 J**

Formel für die erbrachte mittlere Leistung $P = W_B / \Delta t_1$

$P =$ **2110 W = ca. 2,1 kW**

Abschätzung der Beschleunigungswerte a_1 und a_2 :

$a_1 = v_1 / \Delta t_1 =$ **1,4 / 0,32 = 4,3 m/s²**

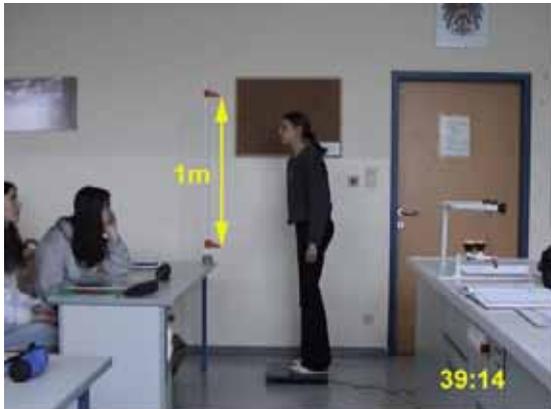
$a_2 = v_2 / \Delta t_2 =$ **2 / 0,1 = 20 m/s²**



4.2.2 Sprung auf der Platte (Eva)

Die 5 Fotos sind dem Video Eva.avi entnommen.

Die Zahlen im Foto geben die laufende Sekunde bzw. das aktuelle Frame im Originalvideo an. Video: 25 Frames / Sekunde



Vor dem Sprung



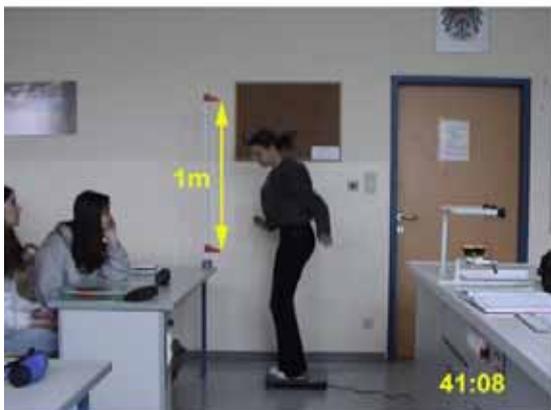
Hocke (tiefster Punkt)



Verlassen der Sprungplatte



Höchster Punkt



Aufkommen auf der Sprungplatte



Kraft-Zeit - Diagramm, erstellt mit der diBox

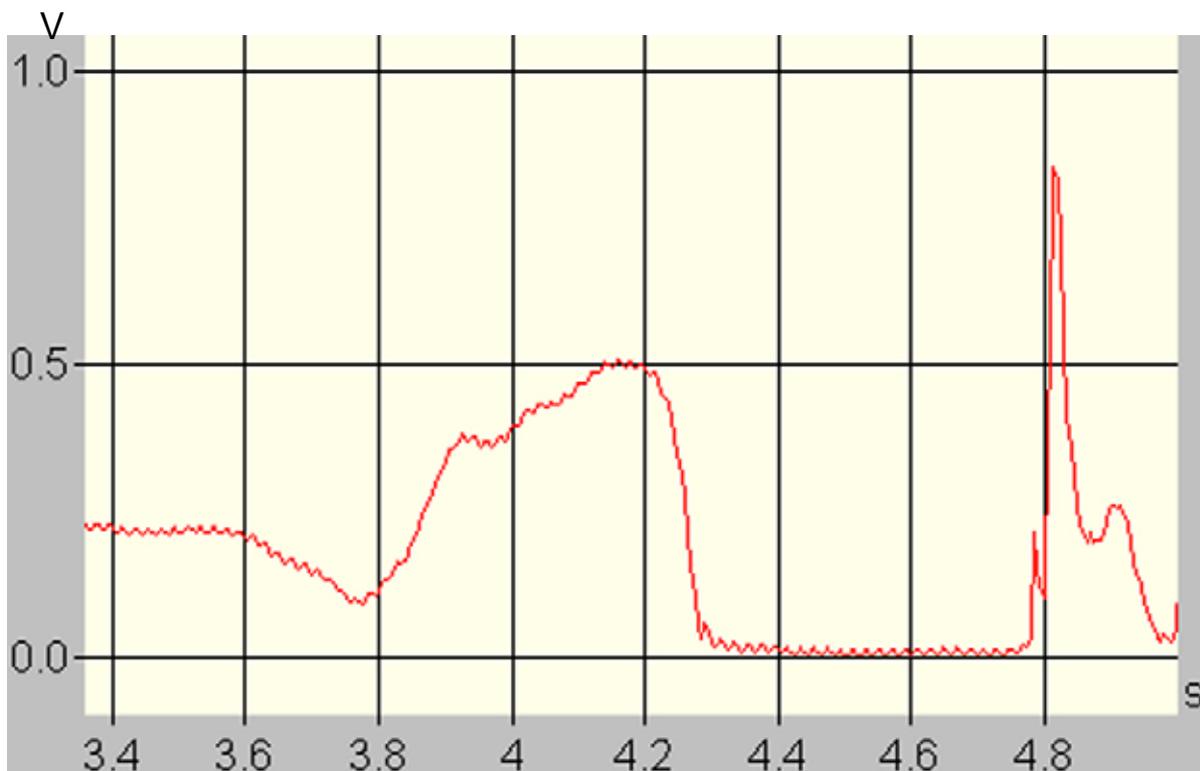
Videoanalyse und Auswertung eines Sprungdiagramms (F/t)

Bestimmung von Beinkraft, mittlerer Leistung und Beschleunigungswerten
beim Sprung aus dem Stand

Kraft-Zeit - Diagramm, erstellt mit diBox

Name der Springerin: Eva

Gewicht der Springerin: 50 kg



Die von der Kraftmessplatte gelieferte Spannung ist nicht in Newton geeicht und muss aus dem Gewicht der Person geeicht werden. Außerdem muss der jeweilige Leerwert (Person in Sprungphase) abgezogen werden.

Für 50 kg (0,23 V) und Leerwert bei 0,01 V entsprechen 0,5 V etwa 1080 N.

Leerwert: 30 N

Anfangswert (Springerin in Ruhe auf der Kraftmessplatte): ca. N

Zeitdifferenz Δt_1 zwischen Hocke und Absprung: s

Dauer des Sprungs in der Luft: s

Zeitdauer Δt_2 des Aufkommens auf der Kraftmessplatte: s

Kraft beim Aufprall auf Kraftmessplatte: ca. N

Beiblatt

Name der Springerin: Eva

Eichen der Fotos

1 m (Abstand zwischen den beiden Marken am Maßstab) in der Realität hat am Foto eine Länge von mm.

1 mm am Foto entspricht cm in der Realität

Strecke **s** (zwischen Hocke und Verlassen der Grundplatte):

am Foto: mm, in der Realität: cm

Strecke **h** (zwischen Stand und maximaler Höhe):

am Foto: mm, in der Realität: cm

Beispiel zur Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen 2 Fotos:

(25 Frames pro Sekunde ergibt $\Delta t = 0,04$ s)

1. Frame: 28:06

2. Frame: 29:08 Zeitdifferenz Δt : $19 + 8 = 27$ Frames = $27 \cdot 0,04$ s = 1,08 s

Eichen des Kraft-Zeit-Diagramms

Differenz zwischen Anfangswert und Leerwert (vertikale Kraftachse) : mm

Masse der Springerin: 50 kg (ca. 500 N) 1 mm entspricht ca. N

Maximalwert der Kraft beim Aufprall auf Messplatte: N

Zeitspanne zwischen Hocke (anfänglicher Tiefwert) und Absprung: s

Dauer „in der Luft“: s

Beschrifte die einzelnen Abschnitte im Kraft-Zeit-Diagramm

Lösungen sind **rot** eingetragen

Springerdaten

Name: **Eva**

Masse **m**: **50 kg**

Strecke **s** (zwischen Hocke und Stand): **40 cm**

Strecke **h** (zwischen Stand und maximaler Höhe): **36 cm**

Erdbeschleunigung **g**: 10 ms^{-2}

Δt_1 (Hocke – Absprung): 0,32 s

Δt_2 (Aufkommen auf Sprungplatte): 0,05 s

Geschwindigkeit nach dem Absprung v_1 : ca. $0,27 / 0,24 = 1,13$ m/s

Geschwindigkeit vor dem Aufkommen auf der Platte v_2 : ca. $0,45 / 0,32 = 1,4$ m/s

Auswertung

Formel für Beinkraft $F_B = ((h+s) / s) \cdot m \cdot g = (0,76 / 0,4) \cdot 50 \cdot 10 = 950$ N

$F_B =$ ca. 950 N

Formel für die während der Beschleunigung verrichtete Arbeit $W_B = F_B \cdot s$

$W_B =$ 380 J

Formel für die erbrachte mittlere Leistung $P = W_B / \Delta t_1$

$P =$ 1188 W = ca. 1,2 kW

Abschätzung der Beschleunigungswerte a_1 und a_2 :

$a_1 = v_1 / \Delta t_1 = 1,13 / 0,32 = 3,5$ m/s²

$a_2 = v_2 / \Delta t_2 = 1,4 / 0,05 = 28$ m/s²

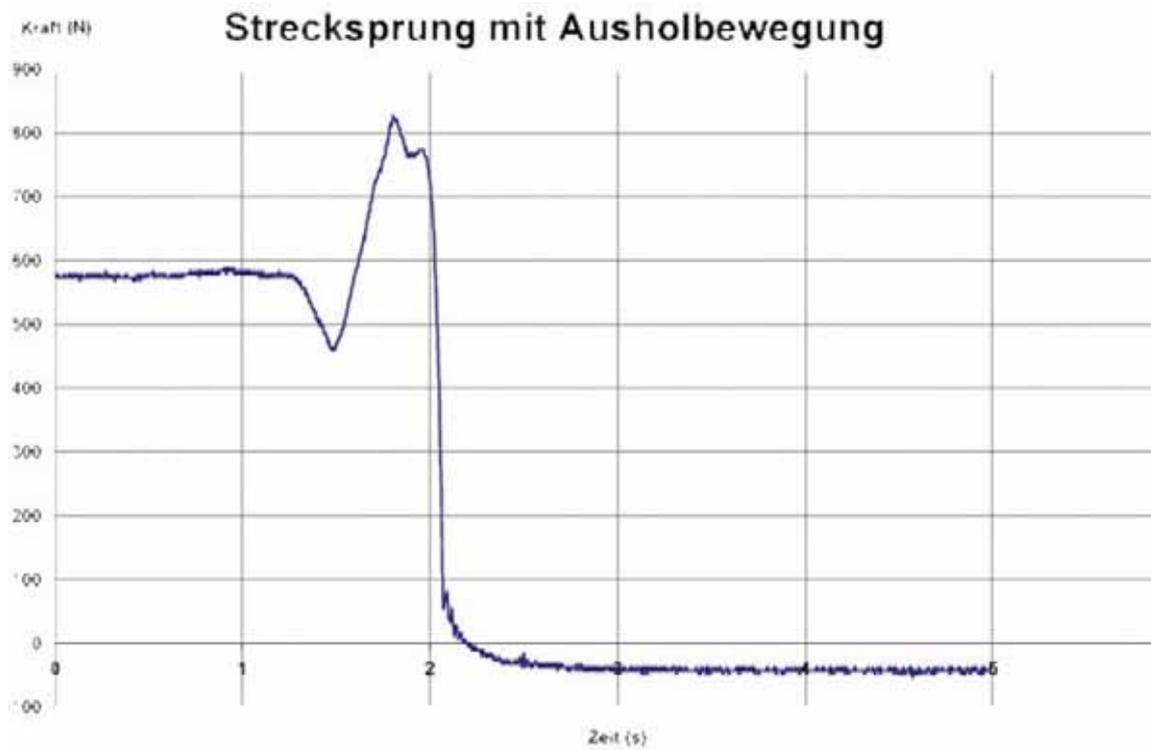
4.2.3 Kraftanalyse bei Bewegungen

Erklärung der Sprungtechnik durch Univ.Prof. Dr. Sigrid Thaller



Weitere aufgezeichnete Kraftkurven zu 3.2.3.1 (Unterschiedliche Absprünge)

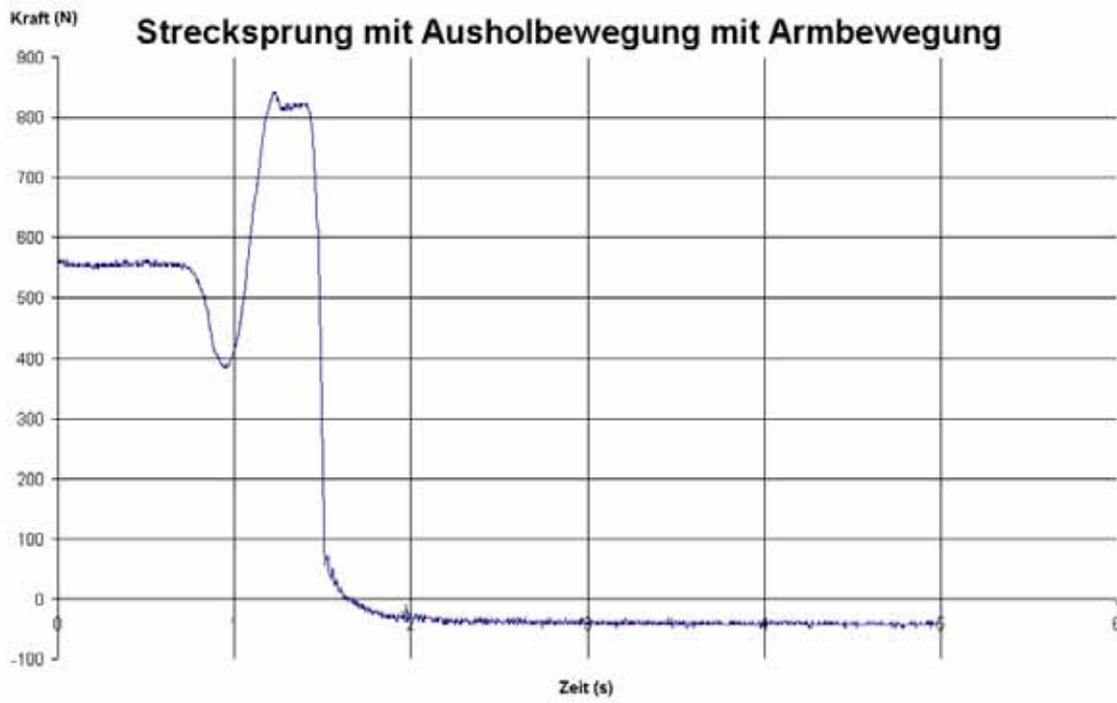
Zu Aufgabe 2: Absprung ohne Armbewegung, aber mit Ausholen.



Zu Aufgabe 3: Absprung mit Armbewegung, aber ohne Ausholen.



Zu Aufgabe 4: Absprung mit Armbewegung und Ausholen um so hoch wie möglich zu springen.



5 EVALUATION

Durchführung:

Lydia Müller, lili.mueller@gmx.at

Mag.^a Barbara Strametz, b_strametz@gmx.at

5.1 Einleitung

Das Projekt „Physik und Sport“ wurde im Schuljahr 2004/05 am Gymnasium Ettenreichgasse mit der Klasse 6b 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 das Interesse der Schüler/innen an Projekten einerseits und am Physikunterricht andererseits durch den Projektunterricht erfolgreich gefördert wurde.

5.2 Fragestellung

Als Ausgangspunkte für die genaue Formulierung einer Fragestellung der Evaluation dienten uns der Zwischenbericht zum Projekt „Physik und Sport“ von Mag. Duenbostl sowie eine detaillierte Beschreibung des Projekts. Aus all dem ging hervor, welche Inhalte, Methoden und Ziele das Projekt auszeichneten.

Ziel einer Evaluation ist allgemein die Untersuchung von Verwertbarkeit und Wirksamkeit sozialer Interventionsprogramme (vgl. Bortz/Döring 1995, S. 96) – in unserem Fall betrifft das den Projektunterricht in Physik. Im Blickpunkt standen hier in erster Linie die Schüler/innen. Es galt herauszufinden, ob der Unterricht, so wie er im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurde, überhaupt Anklang fand, ob sich die Form des Unterrichts positiv auf die Motivation der Schüler/innen auswirkte. Aufbauend auf diesen Überlegungen wurden als Grundlage für die Evaluation folgende Fragestellungen formuliert:

Inwiefern begeistern sich Schüler/innen für Projekte dieser Art?

Inwiefern fördert die Projektarbeit das Interesse der Schüler/innen an Physik?

5.3 Methodisches Vorgehen

Da das Interesse und die Motivation der betroffenen Schüler/innen im Vordergrund standen, bot sich für das methodische Vorgehen eine qualitative Analyse an. Das Ziel der Evaluation bestand darin, möglichst präzise und umfangreiche Informationen zu erhalten sowie eine hohe Validität der Ergebnisse gewährleisten zu können. Zum Zweck eines möglichst hohen Erkenntnisgewinns entschieden wir uns für eine **Methodentriangulation**, das heißt für den kombinierten Einsatz verschiedener Erhebungsinstrumente.

Unser Entschluss für das multimethodische Forschungsdesign soll durch folgendes Argument von Lamnek (1998) untermauert werden: „Evaluationsstudien sind deshalb oft multimethodisch angelegt, weil standardisierte Einzelmethoden nur begrenzt gültige Evaluationen liefern. Nur eine offene, flexible, mithin qualitative Methode er-

scheint hierfür in besonderer Weise geeignet.“ (S. 67). Der Vorteil der Anwendung verschiedener Erhebungsarten liegt darin, dass die unterschiedlich gewonnenen Informationen miteinander verglichen bzw. kontrastiert werden können – der Erkenntnisgewinn steigt also schon aufgrund der Kombination.

5.3.1 Dokumentenanalyse der Portfolios

Die Schüler/innen selbst waren quasi Evaluator/innen des Projektes. Im Rahmen der Erstellung von Portfolios bekamen sie Gelegenheit, ihre Eindrücke sowie ihre Einschätzungen zum Projekt im Rahmen der nach eigenem Ermessen erstellten Mappen zu den bisher erarbeiteten Themen zu schildern. Darin enthalten war auch ein persönliches Feedback jedes einzelnen Schülers / jeder einzelnen Schülerin darüber, wie er / sie den Unterricht bewerten würde.

Die selbst gestalteten Mappen standen zur Analyse zur Verfügung. Es wurde im Vorfeld der Befragungen eruiert, welche Qualitäten und Auffälligkeiten die Berichte aufweisen. Dabei wurden vor allem Gemeinsamkeiten hinsichtlich des Feedbacks und der Gestaltungsweise herausgefiltert. Zusätzlich wurden Besonderheiten aufgegriffen, die in die Gesamtinterpretation mit einfließen. Die Informationen aus den Portfolios dienten zudem als Anhaltspunkte für die Erstellung der Interviewleitfäden und des Leitfadens für die Gruppendiskussion.

5.3.2 Einzelinterviews

Interview mit dem Projektleiter:

Mit dem Projektleiter wurde ein ca. halbstündiges Interview geführt, in welchem weitere Informationen zum Projekt selbst, zu seinem Verständnis von Projektunterricht generell und seine persönlichen Einschätzungen bzw. Erwartungen dazu erhoben wurden. Dies zu klären, war insofern für die Evaluation von Bedeutung, um damit die Sicht der Schüler/innen in Beziehung setzen zu können. Das transkribierte Interview wurde in einen Fließtext gebracht und dem Interviewten für etwaige Modifikationen zur Ansicht überlassen. Dieser Text stellt die Grundlage für den Punkt 4.1, in dem es um die Intention des Projektleiters ging, dar.

Zwei Interviews mit Schüler/innen:

Eine Schülerin und ein Schüler erklärten sich bereit, ein halbstündiges Interview über das Projekt zu geben. Es handelte sich auch dabei um leitfadengestützte Interviews, die mit Zustimmung der Interviewten aufgezeichnet wurden. Deren Sicht floss in die Gesamtergebnisse ein. Hier ist zu bemerken, dass auf die Anonymität der beiden Interviewten Wert gelegt wurde, das heißt, einzelne Aussagen sind bestimmten Personen nicht mehr zuordenbar, sondern sie sind als Bausteine (der Klasse) zu lesen. Ähnliches gilt auch für die Beteiligten der Gruppendiskussion. Insgesamt speisen sich die Informationen aus sechs Schülerinnen und zwei Schülern, das heißt 8 von 13 Schülerinnen und vier Schülern (gesamt 17 Schüler/innen) haben Interviews abgegeben bzw. an der Gruppendiskussion teilgenommen.

5.3.3 Gruppendiskussion

Die Methode der Gruppendiskussion wurde gewählt, weil sie geeignet ist, „im sozialen Feld getroffene Maßnahmen oder Interventionen von den davon Betroffenen gemeinsam beurteilen und bewerten, eben *evaluieren* zu lassen“ (Lamnek, 1998, S.68). „Gerade die Gruppendiskussion“, so Lamnek weiter, „kann die unterschiedlichsten *Facetten und Perspektiven* aufdecken und so zu einem abgerundeten Bild und einem tendenziell *ganzheitlichen Eindruck* beitragen“.

Für unser Vorgehen stellten sich auf Anfrage des Projektleiters **sechs Schüler/innen** zur Verfügung, die sich als engagiert und kritikfähig erwiesen. 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 **40 Minuten** und wurde von einer **Moderatorin** eingeleitet, die sich auch während des Gesprächs manchmal einschaltete, aber eher **im Hintergrund** blieb und den Schüler/innen selbst die Gesprächsführung überließ. Als „**Grundreiz**“ (Mayring, 2002, S.79) wurde ein Plakat für alle sichtbar angebracht, auf dem Fragen zum Projekt, zu ihren Erwartungen, Erlebnissen und Einschätzungen, standen. Während des Gesprächs wurde von der zweiten Evaluatorin ein Plakat angefertigt, auf dem sie die Diskussion kurz dokumentierte, um durch die **Visualisierung des Gesagten** das Gespräch weiter anzuregen und bereits eine Grundstruktur für die spätere Transkription zu haben.

Darüber hinaus wurden einzelne (anonymisierte) Aussagen aus den Portfolios, die sich als typisch erwiesen, in einer späteren Phase der Diskussion als „**Reizargumente**“ (ebd.) auf einem Plakat und von der Moderatorin mündlich dargeboten, um das weitere Gespräch in Gang zu bringen. Das Gespräch über die Aussagen der Portfolios ist in der Ergebnisdarstellung nicht extra ausgewiesen sondern den thematischen Beschreibungen in Kapitel 4 immanent.

5.3.4 Auswertung der Gruppendiskussion und der Schüler/innen-Interviews

Für die Ergebnisdarstellung wurde eine inhaltsanalytische Auswertung der Gruppendiskussion sowie der Interviews mit einer Schülerin und einem Schüler herangezogen. Im ersten Schritt wurden die zwei Interviews ebenso wie die Gruppendiskussion einzeln ausgewertet. Das heißt die manifesten Inhalte wurden thematisch zusammengefasst, wobei Auffälligkeiten auf der Interaktionsebene ebenfalls in die Interpretation mit einfließen. Im zweiten Auswertungsschritt wurde entlang dieser Themen, die in den Leitfäden zu Interview und Gruppendiskussion bereits angelegt waren, eine gemeinsame Interpretation der drei „Gespräche“ erstellt. Dies geschah einerseits, um die Anonymität der interviewten Schüler/innen zu wahren. Andererseits sollten die erhobenen Daten durch die Zusammenführung „darstellungsfreundlicher“ gemacht werden. Darüber hinaus war es auch eine Frage der Gewichtung: Der Gruppendiskussion sollte auch in der Ergebnisdarstellung mehr Platz eingeräumt werden, da hier eine intensivere und offenere Auseinandersetzung mit der Thematik stattfand. Die Interviews wurden dazu als Ergänzung in Beziehung gesetzt und stellten ein wichtiges Korrektiv für das Gruppengespräch dar.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Intention des Projektleiters

Das transkribierte und zusammengefasste Interview mit Mag. Duenbostl, dem Projektleiter, ist als Ausgangslage und Einstieg zu verstehen. Dieses Kapitel soll Aufschluss über seine **Motivation und seine Erwartungen** hinsichtlich des durchgeführten Projekts geben sowie die Einschätzung des Projektleiters widerspiegeln, ob „Physik und Sport“ gelungen ist, wie es also bei den Schüler/innen ankam, ob die gesteckten **Ziele seiner Meinung nach erreicht** wurden. So wird in der vorliegenden Evaluation ein Zusammenhang nachvollziehbar zwischen den Intentionen des Projektleiters und dem Erleben des Projekts durch die Schüler/innen.

Einerseits beziehen sich Motivation und Erwartungen des Projektleiters auf das im laufenden Schuljahr durchgeführte Projekt, andererseits wird verdeutlicht, mit welcher Motivation er Projektunterricht generell macht. Besonders hervorgehoben werden im Folgenden die Erwartungen, die er an seine Schüler/innen in Zusammenhang mit diesem Projekt stellt.

Projektunterricht generell ist bereits seit den Anfängen seiner Tätigkeit als Physiklehrer integraler Bestandteil seines Lehrverständnisses gewesen. Wobei er Projektunterricht nicht in der Form verstanden wissen will, dass sich dieser etwa lediglich auf eine Unterrichtsstunde beschränkt. Projektunterricht definiert sich dergestalt über einen längeren Zeitraum, der intensive Planung und abwechslungsreiche Gestaltung einschließt. Projektunterricht hat sich mit den Jahren auf ca. 2/3 seiner Unterrichtszeit ausgeweitet.

Seine **Motivation** Projektunterricht zu machen ist vor allem jene, einen attraktiven Unterricht zu bieten. Dazu gehört, dass die Schüler/innen selbstständig arbeiten und etwas zu einem gemeinsamen Thema beitragen können. Teamarbeit ist in diesem Zusammenhang sehr wichtig. Konkret äußert es sich so, dass in manchen Projekten die Schüler/innen gefordert sind, die Materie „Physik“ anderen Personen, auch Erwachsenen, zu erklären.

Das Thema des konkreten Projektes „Physik und Sport“ hat sich für den Projektleiter bereits in den letzten 20 Jahren entwickelt. Aufgrund eigener Erfahrungen, der guten Ausstattung an der Schule und seiner Vortragstätigkeit im außerschulischen Umfeld zum besagten Thema war es eine naheliegende Idee, es diesmal als MNI-Projekt einzureichen.

Zusammengefasst beinhaltet das im laufenden Schuljahr durchgeführte Projekt die Themen Geschwindigkeit, Zeit, Länge und Beschleunigung. Etwa mittels 60-Meter-Lauf wurden diese Themen praktisch umgesetzt. Alle Schüler/innen machten mit und konnten ihre eigenen Laufzeiten miteinander und mit jenen von Profisportlern vergleichen. Aufgrund widriger Wetterverhältnisse wurde der Versuch modifiziert und innerhalb des Schulgebäudes durchgeführt. Der Lauf am Sportplatz wurde im Juni nachgeholt. Daneben kamen auch Versuche mit einer Kraftmessplatte zum Einsatz. Hierfür wurden die theoretischen Grundlagen von einer Sportphysikerin der Universität Graz vorgetragen und anschließend im Turnsaal praktisch umgesetzt.

Das Besondere an diesem Projekt ist, dass es eine Möglichkeit gibt, physikalische, für manche eher trocken gesehene Inhalte, anhand praktischer Beispiele aus dem Bereich des Sports miteinander zu verbinden und vor allem auch fächerübergreifend

mit dem Gegenstand der Leibeserziehung zu kombinieren. Es ist natürlich klar, dass sich nicht alle Jugendlichen für Sport interessieren, räumt er ein, trotzdem ist es eine gute Möglichkeit, der Materie Physik einen anderen Stellenwert zu geben. So kann vermittelt werden, dass sich Physik nicht auf abstrakte Beschreibungen von Vorgängen beschränkt, sondern mit dem eigenen Leben und Handeln unmittelbar zu tun hat.

Mit dem Projekt verband er vor der Durchführung die Erwartung, eine gymnasiale Klasse, die im Vorfeld wenig(er) an Naturwissenschaft interessiert ist, und die er zum damaligen Zeitpunkt noch nicht gekannt hat, **für das Fach Physik begeistern zu können**. Es sollen Möglichkeiten geschaffen werden, an Physik Spaß zu haben. Er hofft, dass sich seine Erwartungen mit den Ergebnissen der Evaluation decken.

Einer der Faktoren, die zum Gelingen des Projektes beigetragen haben, war die **Bereitschaft** der Schüler/innen. Im Vergleich zu früheren Projekten war es diesmal kein Problem, dass etwa bei den Laufmessungen alle mitgemacht haben. Dass das Projekt gut angekommen ist, macht er auch daran fest, dass sich für die Gruppendiskussion sofort Bereitwillige gefunden haben. Besonders gefreut hat ihn auch, dass sich für eines der beiden Einzelinterviews ein Mädchen gemeldet hat, das an sich am unteren Ende der Notenskala in Physik liegt. An diesem Tag waren die Besten der Klasse gar nicht da – das sind auch jene, denen das Projekt am meisten Spaß gemacht hat, sagt er.

Die Erwartungen, die er zu Beginn des Projektes und in Bezug auf die Schüler/innen hatte, haben sich seiner Ansicht nach erfüllt. **Es hat den Schüler/innen Spaß gemacht und sie haben mitgetan**. Ein direkter Vergleich ist jedoch schwer feststellbar, da er die Klasse erst seit diesem Jahr unterrichtet und vorher noch nicht gekannt hat. Verglichen mit einer anderen Klasse etwa, wo er diese Versuche auch gemacht hat, kann er sagen, dass das Projekt gelungen ist. **Mit jeder Erfahrung, die die Schüler/innen hinzugewonnen haben, hat sich auch ihre Motivation, mitzutun, erhöht**.

5.4.2 Sicht der Schüler/innen

5.4.2.1 Portfolios

Wie im Kapitel Methodisches Vorgehen bereits beschrieben wurde, standen die individuell gestalteten Mappen vor Durchführung der Gespräche zur Einsichtnahme zur Verfügung. Sie wurden als Ausgangspunkt für die vorliegende Evaluation verwendet.

Ein **Ergebnis der Durchsicht aller Portfolios** besteht darin, dass die Gestaltung zu einem großen Teil besonders innovativ ausgefallen ist und auch inhaltlich von einer tendenziell hohen Involviertheit in die Materie zeugen. Das heißt meist sind zu den physikalischen Inhalten nicht nur Formeln und Merksätze aufgelistet, sondern Aussagen dabei, die die eigenen nachvollziehbaren Überlegungen erahnen lassen. Die Gestalter/innen der Berichte fügten also eigene Erklärungen hinzu, die sie sozusagen für sich selbst noch einmal wiederholten. Eine Gemeinsamkeit vieler Berichte war auch, dass ein Bezug des Physikstoffs zu Dingen oder Vorgängen in der eigenen Erfahrungswelt bzw. der Medienwelt hergestellt wurde.

Die Analyse der Arbeiten, deren Stil und deren Inhalte, ergab zusammenfassend betrachtet ein Bild von einer Klasse, die im Physikunterricht vieles erlebt hat und ihm durchaus etwas abgewinnen kann. Persönliches Engagement war öfters zu spüren,

eine gewisse tatsächliche Beschäftigung mit dem Thema konnte ebenfalls häufig herausgefiltert werden.

Das Feedback der Schüler/innen war teilweise zu jedem behandelten Thema extra ausformuliert. Nicht nur dieses Faktum lässt darauf schließen, dass es den Verfasser/innen sehr wichtig war, ihre Meinung zu sagen. Auch die Aussagen selbst sind sehr ehrlich und persönlich und zeugen insgesamt von einem Bemühen, die erarbeiteten Inhalte auch tatsächlich eigenständig nachzuvollziehen. Das tendenziell hohe Ausmaß an Ehrlichkeit sowie die sehr persönliche positive wie negative Kritik am Projekt, lässt auf einen offenen Unterrichtsstil schließen, der dies zulässt bzw. sogar einfordert.

5.4.2.2 Physikunterricht

Allgemein, das heißt abgesehen vom tatsächlichen derzeitigen Unterricht, wird das Schulfach Physik von einem großen Teil der Befragten als wenig interessant eingestuft. Es wird davon gesprochen, Physik sei ursprünglich „fad“. Resignative Aussagen wie „Mich interessiert Physik allgemein nicht.“ oder „Es gibt halt einen Lehrplan, wo das durchgenommen werden muss. Und man kann das nicht ändern.“ sind Beispiele für Stellungnahmen zum Fach. Allerdings erbrachte die genauere Analyse, dass diese eher missmutige Haltung von den betreffenden Personen selbst durch andere Aussagen wiederum eingeschränkt und relativiert wird.

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 sowie damit zusammenhängend das Gefühl, es „verstanden“ zu haben. Es käme also einmal auf die Themen an, die bearbeitet werden, um zu entscheiden, ob es „fad oder interessant“ ist in Physik. Wenn es „wirkliche Sachen“ betrifft, so meint ein/e Schüler/in, dann befindet sie das zu Lernende als interessant – so erklärt sie: „Also wie zum Beispiel ein Motor funktioniert, das finde ich sehr interessant.“ Je mehr die Inhalte für die Jugendlichen nachvollziehbar und im eigenen Lebenszusammenhang wieder auffindbar sind, umso eher sagt ihnen der Physikunterricht doch zu. Was die Grundzüge des Inhalts betrifft, so herrscht allgemein die Meinung vor, Physik gehe nun einmal mit komplizierten Berechnungen und Formeln einher. Das hätte man zu akzeptieren, meinen auch die Schüler/innen, die Physik allgemein interessant finden: „Physik ist schwer, das ist so“, bringt ein/e Diskussionsteilnehmer/in es auf den Punkt. In diesem Zusammenhang wird häufig vom „normalen Unterricht“ gesprochen, der tendenziell als Negativmythos identifiziert werden konnte. Dieser so genannte normale Unterricht findet auch Platz in den Beschreibungen, so schildert ein/e Jugendliche/r, wie sein/ihr Vater den Physikunterricht quasi erleiden musste: „Da haben sie nur Formeln aufgeschrieben aus dem Buch, und nächste Stunde das wiederholt, ohne dass sie es kapiert haben“.

Was den tatsächlichen Physikunterricht betrifft, so wird dieser als das Gegenstück zum uninteressanten Unterricht beschrieben. „Mir gefällt der Physikunterricht schon, weil Physik ist eigentlich ein fades Thema, aber...“ im tatsächlichen Unterricht wird das ausgeglichen durch die vielen Versuche, erklärt ein/e Schüler/in und wendet somit die negative Vorstellung vom „faden“ Physik für den tatsächlich gebotenen Unterricht ins Positive. Es ist außergewöhnlich häufig von den vielen Versuchen die Rede.

Der eine Faktor, der den tatsächlichen Physikunterricht doch interessant macht und zum Erinnern, Erzählen und Diskutieren anregt, ist also die Tatsache, dass nicht Frontalunterricht im Vordergrund steht, sondern häufige Versuche und Experimente,

an denen die Schüler/innen selbst beteiligt sind. Ein ebenso wichtiger Faktor betrifft die Person des Lehrers. Letzterer wird gerade an jenen Stellen persönlich erwähnt, an denen die Motivation und Eigeninitiative der Schüler/innen spürbar, die Stimmung in der Gruppe ausgelassen wird. „Er macht schon viel“, heißt es zum Beispiel in den Gesprächen oder „also, wenn er was erklärt, dann wird er ganz euphorisch...“. „Ihm macht es auch Spaß“, ist die konsensuelle Meinung. Es wird auch ganz offen Kritik geübt. So meinen manche, der Zusammenhang zwischen den Versuchen und den vorher und nachher besprochenen Inhalten und vor allem Formeln, sei nicht immer nachvollziehbar. Und einige Befragte meinen, „es ist allgemein zu viel Physik“, und sie fühlten sich deshalb „überfordert“. Doch auch, wenn Schilderungen negativ gefärbt sind, kommt es dazwischen – vor allem in der Gruppendiskussion konnte dies herausgefiltert werden – zu Einschüben, die von der positiven Motivation des Lehrers handeln. Letzterer steht, wie schon erwähnt, vor allem für Begeisterung für Physik und damit in Zusammenhang stehend für die Versuche und Experimente. Damit sind wir beim nächsten Thema – dem Projektunterricht.

5.4.2.3 Das Projekt

Das konkrete Projekt, das sich entlang der Themen Geschwindigkeit, Zeit, Länge und Beschleunigung bewegt hat, wurde den Schüler/innen, wie bereits angeklungen, in Form von zahlreichen Versuchen und Experimenten dargebracht. Die „vielen Versuche“, von denen immer wieder die Rede ist, machen „Spaß“, sind sogar „lustig“ und zeichnen den Physikunterricht aus, hier sind sich alle einig. Die Versuche, egal ob sie vorgezeigt oder selbst durchgeführt werden, sind sozusagen das Salz in der Suppe. Es geht deutlich aus den Analysen hervor, dass die Schüler/innen nicht über ihre Überlegungen oder Wünsche sprechen, denn die Experimente, von denen die Rede ist, werden in Form von zahlreichen Beispielen lebendig. In der Gruppendiskussion wird lebhaft davon gesprochen, beispielsweise wie folgt „Zuerst das mit den Lichtschranken, dann das mit dem Seil, da haben sie uns hochgezogen mit so einem Seil, und dann die Sprungplatte [...] wann war das mit den Stiegen? – Das war im April, vor kurzem erst.“ Mit gegenseitiger Hilfe wird beschrieben, was sie im Rahmen des Projektes gemacht haben. Weniger von Belang ist dabei, welche Versuche wann durchgeführt wurden. Auch wann das Projekt begonnen hat bzw. welche Experimente ausschließlich in Verbindung mit dem Projekt gestanden haben, kann von den Beteiligten nicht mehr rekonstruiert werden. Aus den Statements geht hervor, dass für sie Unterricht, in dem Versuche gemacht werden, tendenziell damit gekoppelt ist, dass dann Projektunterricht stattfindet. So kommt es in den Erzählungen zu Überschneidungen, wenn davon die Rede ist, was nun zum besagten Projekt tatsächlich dazugehört hat. Die Erzählungen über Projektunterricht schlechthin vermischen sich also. Dies spricht aber eher für eine hohe Lebendigkeit der Thematik „Projektunterricht“ als für Uninformiertheit, die Schüler/innen wissen sehr wohl, was zum Projekt gehört, deshalb bessern sie einander auch gegenseitig aus. Dass sie auch von anderen Experimenten erzählen, zeugt davon, dass diese Art des Unterrichts ihre Motivation anregt. Wenn sie sich also beschwingt unterhalten, wird das Interesse auch darin erkennbar, dass sehr viel Erlebtes bzw. selbst Durchgeführtes erstens in Erinnerung kommt, zweitens sehr anschaulich geschildert wird und drittens an vielen Stellen in den Gesprächen zu einer heiteren, ausgelassenen Stimmung führt. Das Erleben von Experimenten im Allgemeinen geht mit einer positiven Stimmung einher. Das Durchführen bzw. Mitmachen von gemeinsamen Versuchen wird dabei besonders lebendig und zum Teil auch stolz geschildert: „Wir haben Aufbauen geholfen, ich hab sogar die Zeit gestoppt.“

Darüber hinaus finden viele Versuche in die Erzählung Eingang, die nicht zum Projekt gehören, sondern Teil des übrigen Unterrichts sind. Der Unterricht hat also überhaupt Projektcharakter und ist für die Schüler/innen nicht unbedingt von dem anderen zu unterscheiden. „das gehört zum Unterricht“ meint ein/e Schüler/in. Sie erinnern sich also auch daran, dass ein paar Schüler sich mit einem Seil hochgezogen haben, dass eine Rakete im Garten abgefeuert wurde und dass sie auf „Schnitzeljagd“ mit einem GPS-Gerät geschickt wurden, und „da war auch etwas sehr Interessantes, mit der Sonne und den Planeten“. Obwohl sich die Schüler/innen bewusst sind, dass es um das bestimmte Projekt geht – sie machen einander in der Diskussion immer wieder darauf aufmerksam - sprechen sie über den Projektcharakter. In diesem Umstand wird eine hohe Motivation sichtbar, die sich nicht zuletzt in der Dynamik des Gruppengesprächs zeigt.

5.4.2.4 Begeisterung

Vor allem bei Gruppendiskussion ist Begeisterung schon aus den Erzählungen ersichtlich, die einsetzen, als ihre Erinnerung durch die erste Frage angeregt wurde: Sie reden durcheinander. Die Diskussion geht ständig weiter und wird lange aufrecht erhalten, alle überlegen gemeinsam, was sie alles gemacht haben. Alles, was im Projekt vorgekommen ist, findet im Laufe des Gesprächs seine Erwähnung. So erinnern sie sich an das Laufen mit den Lichtschranken, an die Sprungversuche mit der Kraftplatte, an die Computerauswertungen, an den Stiegenlauf, bei dem alle mitgemacht haben.

Noch klarer wird das Interesse der Schüler/innen an Projektarbeit und der Art des Physikunterrichts in den intensiven Gesprächspassagen in der Mitte der Diskussion bzw. der Interviews. Hier sind die Befragten auch mit ihrer Kritik offen. Gleichzeitig mit der Kritik kommt aber immer wieder Lob für die Art des Physikunterrichts, versetzt mit lebhaften Erzählungen, wie sie die Versuche selbst durchlebt, nachvollzogen und interpretiert haben. Auch der Zusammenhang zum Stoff, der vermittelt werden sollte, wird öfters ohne Aufforderung hergestellt. So erklärt ein Mädchen mitten in der Diskussion im Smalltalk-Habitus „...das war die mittlere Geschwindigkeit und die Momentangeschwindigkeit und die Beschleunigung am Schluss dann.“

Eindeutig fest zu machen ist die Begeisterung der Schüler/innen auch an Aussagen, wie: „Er lässt sich jede Stunde was einfallen für uns.“ „Also beim Herrn Professor Duenbostl ist der Physikunterricht sicher der Spannendste.“ Die größten Kritiker/innen schwächen ihre Aussagen über ihr Desinteresse an Physik schließlich immer wieder ab mit Bekundungen wie „man kann es nicht besser machen. Weil Physik geht wahrscheinlich gar nicht viel interessanter“. Hier wird wieder wie schon beschrieben, die Begeisterung des Lehrers und seine starke Vorbildfunktion spürbar. Es wird auch klar, dass die Schüler/innen ganz eindeutig wissen, dass er versucht sie anzuspornen. Er gibt sich Mühe meinen sie, und „er versucht uns zu begeistern. Also manche Themen gefallen mir wirklich“, heißt es bei manchen dann in diesem Zusammenhang. „Er bringt es ...gut rüber“, meint ein/e andere/r.

Das Selber-Machen wird, so konnte erschlossen werden, als besonders motivationsfördernd erlebt. Es kommt zu sehr ausgelassener Stimmung, wenn von den Versuchen gesprochen wird. Auch wenn auf eigene Faust etwas erst mal herausgefunden werden muss – sofern es in der Gruppe ist – wird das als spannend bewertet. Das nicht genau wissen und dann ein Aha-Erlebnis haben scheint besonders zu hoher Motivation zu führen. Allerdings ist in diesem Zusammenhang auch die Verbindung

zur Frustrationstoleranz spürbar: Wenn es nicht gelingt die richtige Lösung zu finden, wenn die Rückmeldung keine perfekte Leistung ausweist, dann gibt es bei manchen Probleme. Die Unzufriedenheit mit der eigenen Leistung wird dann in Kritik am Unterricht bemerkbar. Einige Jugendliche scheinen sehr hohe Ansprüche an sich zu haben.

5.4.2.5 (Veränderungs)wünsche

Nach Veränderungsvorschlägen gefragt, meinen viele Schüler/innen, dass es besser ja gar nicht mehr ginge: „Weil es besser eigentlich nicht geht. Wir machen Versuche und die sind gut“. Manchmal „geht es [aber] viel zu schnell“ und die Schüler/innen fühlen sich überfordert. Einige würden gern noch mehr Erklärungen haben, obwohl andererseits auch extra Lob ausgesprochen wird, dass „er es uns noch einmal erklärt hat, bis wir es verstanden haben“. Der Zusammenhang zwischen den Versuchen und den Formeln soll noch besser expliziert werden. Manche meinen, die Erwartungen seien zu hoch, sie hätten zu viel Physik, nachdem sie es aber in der fünften Klasse gar nicht hatten. Es sollte also mehr Rücksicht darauf genommen werden, dass sie „wieder rein kommen müssen“. Einige meinen, dass sie sich „allgemein eigentlich nicht für Physik interessieren“ und darum „extra Gymnasium genommen [haben], halt Sprachen bezogen.“ Ein langsames Vorgehen wäre wünschenswert. Ein Großteil meint, es könnte noch mehr Versuche geben, nur insgesamt zwei Schüler/innen finden, dass mehr Zeit für Erklärungen im Frontalunterricht aufgewendet werden sollte. Gruppenarbeiten werden als grundsätzlich sehr zielführend angesehen. Überhaupt berichten die Befragten, dass sie öfters Mitschüler/innen um Hilfe bitten und das scheint gut zu funktionieren.

5.5 Zusammenfassung

Die eingangs gestellten Fragen in Erinnerung gerufen -

Inwiefern begeistern sich Schüler/innen für Projekte dieser Art?

Inwiefern fördert die Projektarbeit das Interesse der Schüler/innen an Physik?

- kann zusammengefasst werden, dass sich die Schüler/innen für das Projekt begeistert haben: Über das Projekt „Physik und Sport“ 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. So wird der Gegenstand Physik eingebunden in die Lebenswelt und Interessen der Schüler/innen. Mitunter erscheint ihnen Physik in seiner abstrakten Form (die Sinnhaftigkeit von Formeln, Werten und Berechnungen) immer noch bzw. immer wieder sehr komplex. Trotzdem sind sie motiviert und angeregt, nicht zuletzt aufgrund ihres engagierten Lehrers, die Sache zu verstehen und zu begreifen.

6 LITERATUR

- (1) L. Mathelitsch, Sport und Physik, Physik compact, Hölder-Pichler-Tempsky, Wien, 1991
- (2) S. Thaller, Mit Gewichten weiter springen, Antiker olympischer Fünfkampf, in: Kultur und Technik 28,3 (2004), 34-37.
- (3) S. Thaller, Hochsprung auf dem Mond, Physik in unserer Zeit 34, 2 (2003), 87-89.
- (4) Klaus Willimczig (Hsg.) "Biomechanik der Sportarten", Rororo Sport 8601, Rowohlt, Reinbeck/Hamburg, 1989.
- (5) B. Rodewald, H. J. Schlichting "Springen, Gehen, Laufen", Praxis d. Naturwiss. 5 / 37. Jg. (1988), S. 12.
- (6) B. Rodewald "Physik auf Schritt und Tritt", Naturwissenschaft im Unterricht - Physik 3 (1992) Nr. 12, S. 22.
- (7) F. Hegelmeier "Energetik der Fortbewegung", Unterricht Physik 7 (1996), Nr. 31, S. 34.
- (8) R. Cross "Standing, walking, running, and jumping on a force plate", American Journal of Physics 67, April 1999, p. 304.

Literatur zur Evaluation:

- (9) Bortz, J. / Döring, N. (1995). Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin
- (10) Lamnek, S. (1998). Gruppendiskussion. Theorie und Praxis. Weinheim: Beltz
- (11) Mayring, P. (2003). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz
- (12) Mayring, P. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung. Weinheim: Beltz
- (13) Loos, P. / Schäffer, B. (2001). Das Gruppendiskussionsverfahren. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendung. Opladen