

## ***Einleitung***

Der Oberstufenworkshop fand zum Thema „Physik des Chaos“ am Freitag dem 22.1.2010 und am Samstag dem 23.1.2010 statt. Am ersten Tag sollten die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen von ca. 10 Personen eine erste Einführung in das Thema erhalten. Die Grundlagen wurden zuvor im Seminar gemeinsam besprochen, sodass in allen Kleingruppen dasselbe Vorwissen erarbeitet werden konnte. Am Samstag konnten sich die Schülerinnen und Schüler an verschiedenen Stationen mit verschiedenen Aspekten des Themas vertieft beschäftigen. An unserer Station konnten die Schülerinnen und Schüler verschiedene Bewegungen mit Hilfe einer Kamera selbst aufnehmen und sich anschließend mit Hilfe des Computerprogramms Viana die Phasenraumdiagramme anzeigen lassen.

## ***Planung***

### **Stundenplanung für Freitag den 22.01.2010**

#### **Lernziele:**

Für die Stundenplanung am Freitag haben wir uns auf die folgenden beiden Lernziele geeinigt:

- SuS erleben, dass es Systeme gibt dessen Verhalten sich praktisch nicht mehr voraussagen lässt
- SuS setzen sich mit der Diskrepanz zwischen Berechenbarkeit (Formeln) und Vorhersagbarkeit (Versuch) auseinander

Da die Schülerinnen und Schüler am Freitag Vormittag noch Unterricht hatten, wollten wir uns auf diese beiden Lernziele beschränken, um die Schüler nicht zu überfordern. Gleichzeitig wollten wir einen Überblick bekommen, welche unterschiedlichen Vorkenntnisse bereits vorhanden sind. Diese waren insofern zu erwarten, da die Schüler aus verschiedenen Schulklassen, -stufen und Schulen stammten. Somit hatten wir uns entschlossen, mit der grundlegenden Klärung des Begriffs „deterministisches Chaos“ anzufangen. Den Schülern sollte ein großer Freiraum zum selbstständigen experimentieren zur Verfügung gestellt werden, damit auch die Schüler mit Vorkenntnissen motiviert werden können. Mathematische Aspekte wurden auf das Notwendigste reduziert, um die Schüler der zehnten Klassen nicht zu überfordern. Ganz verzichteten wollten wir auf diesen Aspekt aber nicht, um die Berechenbarkeit zu zeigen und damit das zweite Lernziel erreichen zu können. Insgesamt ergab sich damit die Stundenplanung im Anhang.

## **Stundenplanung für Samstag den 23.01.2010**

### **Lernziele:**

Ausgehend von dem am Freitag vermittelten Vorwissen, soll dieses zu Anfang noch einmal kurz wiederholt werden, mit besonderem Schwerpunkt auf den Begriffen Freiheitsgrade und Phasenraum. Anhand von einfachen Beispielen (Fadenpendel) soll mit den Schülern zusammen die verschiedenen Möglichkeiten von zweidimensionalen Phasenraumdiagrammen besprochen werden. Außerdem sollte den Schülern ausreichend Zeit zum eigenständigen experimentieren gegeben werden. Die von ihnen erstellten Phasenraumdiagramme sollten gemeinsam besprochen und auf chaotisches Verhalten untersucht werden.

Geplant war außerdem, nach den Vorbesprechungen einen Arbeitsauftrag an die Schülerinnen und Schüler zu vergeben. Dieser sollte wie folgt lauten:

1. Betrachtet die Phasenraumdiagramme. Sie stammen von zwei der vorliegenden Experimenten. Überlegt euch zunächst (theoretisch), zu welchen Experimenten die Diagramme zuzuordnen sind.
2. Überprüft eure Vermutungen experimentell, indem ihr eine Bewegungssequenz mit der Kamera aufnehmt und diese anschließend mit Hilfe des Videoanalyseprogramms Viana auswertet.
3. Präsentiert eure Ergebnisse abschließend der anderen Gruppe

Die genaue Stundenplanung für diesen Tag ist wiederum im Anhang zu finden.

### **Vorbereitung**

Um die Planung, insbesondere für den Samstag, umsetzen zu können, mussten wir im Vorfeld folgende organisatorische Punkte klären:

- zwei Praktikumsräume organisieren
- Material beschaffen (Fadenpendel, Doppelpendel, zwei Kameras, Federpendel, Flummis, Laptops)
- Programme zum Konvertieren beschaffen und ihre Durchführbarkeit testen
- Versuche unter dem Aspekt der Durchführbarkeit selber ausprobieren und gegebenenfalls

optimieren

- einige Phasenraumdiagramme als Anschauungsmaterial für die Schülerinnen und Schüler erstellen

## **Reflexion**

### Vorbereitung

Bereits bei der Vorbereitung für den Samstag stießen wir auf einige technische Probleme. Zunächst konnte das Videoanalyseprogramm das Format der Kamera nicht verarbeiten. Nach einem längeren Prozess des Ausprobierens stellten wir fest, dass zwei Programme zum Konvertieren nötig waren. Dabei wurde zunächst das Format der Kamera (mod) in avi geändert. Das zweite Programm änderte den Codec. Dieser Vorgang des Konvertierens nahm eine beträchtliche Zeitspanne in Anspruch.

Ein weiteres Problem stellte die Farberkennung der Videosoftware dar. Um eine Bewegung eindeutig berechnen zu können, war es wichtig, einen dunklen Hintergrund zu wählen. Mit Hilfe von farbigen Klebepunkten versuchten wir, den Kontrast zu erhöhen.

Bei unseren Versuchen stellten wir fest, dass der Aufnahmebereich größer war als das auf dem Display der Kamera zu erkennende Bild.

Alle diese Punkte sorgten dafür, dass die Vorbereitung wesentlich zeitintensiver war, als zunächst von uns gedacht.

Die gemeinsame Vorbereitung des Freitags im Seminar hätte aus unserer Sicht noch optimiert werden können. Besonders die gemeinsamen Absprachen für den Freitag hatten sich sehr in die Länge gezogen und waren lange Zeit für uns nicht sehr eindeutig, was unsere Planung für den Freitag erschwerte.

### Freitag

Prinzipiell verlief der Freitag wie geplant. Die Schülerinnen und Schüler haben sich gut beteiligt und auch die Zehntklässler erweckten den Eindruck, gut mitzukommen. Zwar waren wir deutlich vor der Zeit fertig, hatten aber alle Informationen vermittelt. Weitere Themen hätten die Schüler vielleicht überfordert, besonders da es sich um einen Freitagabend gehandelt hatte.

Als einziges echtes Problem erwies sich die Tatsache, dass zwei Jungen bereits das Thema Chaos als Seminarfach hatten und deshalb schon den Großteil von dem wussten, was wir an diesem Tag vermitteln wollten. Dies führte zu einem Motivationsmangel bei den beiden Schülern. Zum anderen wurden an einigen Stellen die Resultate bereits vorweg genommen, was unsere Zeitplanung teilweise durcheinander warf.

Auffällig war, dass die Schülerinnen und Schüler an einigen Stellen ein auffallendes „Schulverhalten“ gezeigt haben. So trauten sie sich zunächst nicht, nach vorne zu kommen und mit dem Magnetpendel zu experimentieren. Freies Reden war auch so gut wie nicht möglich. Wir haben versucht, diesem Verhalten entgegen zu wirken, indem wir uns in lockerer Atmosphäre mit Vornamen vorgestellt haben. Dies brachte jedoch nur bedingt Erfolg.

Der in der Planung vermerkte Fragebogen für den Freitag entfiel, da er mit dem Abschlussfragebogen vom Samstag zusammengelegt wurde.

### Samstag

Das erste Problem am Samstag war, dass der Aufbau, den wir uns zuvor zusammengestellt hatten, nicht wie zuvor abgesprochen in den Praktikumsräumen bereitgestellt wurde. Somit waren wir noch mit dem Aufbau beschäftigt, als die erste Schülergruppe eintraf.

Ein weiteres Problem war die Gruppenstärke. Eine Gruppe bestand sogar aus dreizehn Schülerinnen und Schülern. Als optimal hätte sich eine Gruppe von maximal sechs Schülern (also drei Schüler pro Versuchsaufbau) erwiesen. Dadurch waren viele Schüler zwischenzeitlich nicht beschäftigt und langweilten sich. Dies hätte man dadurch zum Teil vermeiden können, indem die Schülerinnen und Schüler das Konvertieren ihrer Videos selbst übernommen hätten. Da aber die Software nur auf einem der Rechner installiert war, bot sich uns an dem Tag diese Möglichkeit leider nicht mehr. Die Tatsache, dass nur ein Rechner für das Konvertieren zur Verfügung stand, resultierte auch darin, dass Pausen zwischen dem Aufnehmen und der Auswertung des Videomaterials entstanden. Somit hatten die Schülerinnen und Schüler keine direkte Rückmeldung über Kameraeinstellung und Tauglichkeit bei der Auswertung bevor sie mit neuen Aufnahmen beginnen konnten.

Ein weiterer Kritikpunkt ist das uneinheitliche Vorwissen der Schülerinnen und Schüler. Zwar hätten die Begriffe Freiheitsgrade und Phasenraum bereits am Freitag geklärt werden sollen, in einigen Gruppen schien dies jedoch nicht passiert zu sein. So wurde aus der geplanten Wiederholungsphase am Anfang meist eine neue Einführung in die Begriffe.

Die von uns zuvor erstellten Musterbeispiele waren zu Beginn des Tages wie auch der Aufbau nicht rechtzeitig auffindbar, sodass in der ersten Gruppe die Besprechung dieser Beispiele komplett entfiel. Auch in den anderen Gruppen stellte es sich als sinnvoll heraus, anstelle von realen Aufnahmen zunächst nochmal die möglichen Trajektorien in einem zweidimensionalen Phasenraum zu besprechen. Unsere Beispielaufnahmen stellten wir schließlich den Schülerinnen und Schülern zur Mitnahme zur Verfügung. Ihre selbst erstellten Diagramme haben wir ihnen auf Wunsch nachträglich per E-Mail zugeschickt.

## **Fazit**

Insgesamt sind wir mit dem Verlauf des Freitags sehr zufrieden. Die Organisation des Samstags war sehr zeitaufwändig, hätte aber rückblickend betrachtet noch intensiver stattfinden sollen.

Die Planung und Durchführung des Workshops war eine sinnvolle Erfahrung in Hinblick auf unseren zukünftigen Beruf. Besonders aus dem Verlauf des Samstags konnten wir lernen, dass neue Schülerexperimente sehr viel Vorbereitung bedürfen. In Gesprächen mit den Schülern stellten wir ein deutliches Interesse an mehr Informationen zur Universität im Allgemeinen und zum Physikstudium im Speziellen fest. In dieser Hinsicht scheint noch einiges an Handlungsbedarf zu bestehen, was wir als angehende Lehrkräfte in unserem späteren Beruf berücksichtigen können.

## Entwurf für Samstag, 22.1.2010

Gruppe: Ulrike Wedel, Matthias Körperich, Rebecca Suhlmann  
Videoanalyse zum Doppelpendel

### Lernziele

- Freiheitsgrade erklären
- Umgang mit Phasendiagramm (deuten, interpretieren und Zusammenhänge erkennen)
- Phasenraumdiagramme als Kriterium für Chaos
- (Fachsprache, Sozialkompetenzen, etc.)

### Tabellarischer Überblick

<b>Zeit</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Sozialform</b>	<b>Medien</b>	<b>Anmerkungen</b>
5 Min	Begrüßung	Plenum	Klebeband, Edding (für Namen)	Kurze Vorstellung von uns und dem Ablauf
5 Min	Freiheitsgrade - Was sind Freiheitsgrade? - Reduktion von 4 auf 3 (Energieerhaltung) - Verschiedene Möglichkeiten (welche wurden am Freitag in den verschiedenen Gruppen besprochen? Mehr Absprache hier wäre sinnvoll!)	Plenum		Kurze Wiederholung vom Freitag
10 Min	Phasenraumdiagramme - Einstieg über bekannte x-y, v-t, x-t, y-t Diagramme, Überleitung zum Phasenraumdiagramm - Besprechen des mitgebrachten Beispiels „Phasenraumdiagramm zum waagerechten Wurf“	Plenum	Tafelbild mit Beispielen für verschiedene Diagrammtypen (waagerechter Wurf) Ausgedrucktes Beispiel Phasenraumdiagramm (oder am Beamer), ebenfalls waagerechter Wurf	Kurze Wiederholung und Vertiefung

40 Min	Arbeits- und Experimentierphase - je Gruppe zwei Beispiele austeilten (einmal Doppelpendel, ein nicht chaotisches System), die SuS sollen zunächst versuchen, die Diagramme den Aufbauten zuzuordnen - die Gruppen können ihre Ergebnisse experimentell überprüfen und je nach Zeit noch zusätzliche Experimente durchführen	Zwei Gruppen (je ca. 6 Schüler)	Phasenraumdiagramme zum Zuordnen, Arbeitsauftrag (Plakat), Zwei Rechner, zwei Kameras, Doppelpendel, Flummis, Faden- und Federpendel, schwarze Stellwände	Je nach Zeit sollen beide Gruppen drei oder vier Beispiele bearbeiten, wobei das Doppelpendel bei beiden dabei sein sollte.
10 Min	Präsentation und Vergleich der Ergebnisse, Diskussion und abschließende Fragen	Plenum	Beamer	

#### Weitere Anmerkungen

- genug Platz für zwei Aufbauten (zwei Räume oder größerer Raum?)
- Klebebänder bei erster Gruppe am Tag verteilt, Begrüßung bei der ersten Gruppe deshalb eventuell etwas länger
- Zeit für Vorträge vielleicht etwas knapp?
- Da wenig bis keine mathematische Vorkenntnisse nötig sind und die physikalischen Inhalte nicht im Unterricht behandelt werden, erachten wir es nicht als sinnvoll, bei den Vorträgen zwischen 9. und 13. Klasse zu unterscheiden
- Arbeitsauftrag für die Gruppenphase:
  1. Betrachtet die Phasenraumdiagramme. Sie stammen von zwei der vorliegenden Experimenten. Überlegt euch zunächst (theoretisch), zu welchen Experimenten die Diagramme zuzuordnen sind.
  2. Überprüft eure Vermutungen experimentell, indem ihr eine Bewegungssequenz mit der Kamera aufnehmt und diese anschließend mit Hilfe des Videoanalyseprogramms Viana auswertet.
  3. Präsentiert eure Ergebnisse abschließend der anderen Gruppe