

Entwurf zur unbenoteten Lehrprobe im Fach Physik

Schule: Gymnasium zu St. Katharinen Oppenheim
Klasse: 8X
Raum: Ph I
Zeit: 2. Stunde 8:40-9:25 Uhr
Fachlehrer:
Ausbildungsleiter:
Fachleiter:
Vertreter der Seminarleitung:

Thema der Stunde: Hebel und Drehmoment

Inhaltsverzeichnis

1 Lernziele	2
2 Geplanter Unterrichtsverlauf	2
3 Bemerkungen zur Lerngruppe	3
4 Didaktische Entscheidungen	4
5 Methodische Entscheidungen	5
Literaturverzeichnis	7
A Geplantes Folienbild	8
B Arbeitsblatt	9

1 Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler¹ sollen...

- im Experiment das Hebelgesetz praktisch kennen- und nutzen lernen.
- das Hebelgesetz theoretisch als Drehmomentgleichgewicht beschreiben lernen.
- zu diesem Zeitpunkt die Größe Drehmoment als ein Produkt von Betrag der Kraft mal Abstand des Angriffspunkts der Kraft von der Drehachse errechnen.
- je nach Lernfortschritt in der Stunde auch schon lernen, dass sich gleichgerichtete Drehmomente addieren.

2 Geplanter Unterrichtsverlauf

LS	Zeit	Inhalt
1	8:40	Einstieg/Problemstellung: Bau eines Mobiles
2	8:45	Erarbeitung in Schülerversuchen: Mobile bauen Die Aufgaben der Gruppen differieren teilweise (Anzahl der Kugeln), die Messergebnisse ergänzen sich so.
3	9:00	Sicherung: Zusammentragen der Messergebnisse auf OH-Folie. Erarbeitung der Größe Drehmoment und des Drehmomentgleichgewichts im gUg. Sicherung auf Folie bzw. Arbeitsblatt.
4	9:15	Bewährung: Überprüfung der gefundenen Gleichung für andere Kugelkombinationen, Vorhersage einer Gleichgewichtsposition nach Rechnung.
5		AS: Bau eines Mobiles mit Kugeln an zwei verschiedenen Stellen auf einer Seite, Vorhersage der Anordnung.
6	9:24	Hausaufgaben: Eigene Tabelle vervollständigen.

¹Im Folgenden nur noch „Schüler“.

3 Bemerkungen zur Lerngruppe

Die Klasse 8X des Gymnasiums zu St. Katharinen in Oppenheim unterrichte ich kontinuierlich seit dem 11. März, nur unterbrochen durch Lehrprobenbesuche und Grundschultage. Nach Abschluss des Themas Optik habe ich Mitte März mit der Mechanik begonnen, wobei ich hier anfangs versucht habe, einen dynamischen Kraftbegriff in den Mittelpunkt zu stellen. Zwischenzeitlich verlief der Unterricht didaktisch aber wieder recht konventionell. Weitere Schwerpunkte des Unterrichts lagen auf der graphischen Auswertung von Messergebnissen und der Diskussion von proportionalen Zusammenhängen.

Bei der 8X handelt es sich um eine sogenannte Sprachenklasse, in der der Beginn der zweiten Fremdsprache auf die sechste Jahrgangsstufe vorgezogen wurde. Das Fach Physik/Chemie entfiel dadurch in der Orientierungsstufe, im Gegenzug wird Physik jetzt in der achten Jahrgangsstufe mit drei Wochenstunden unterrichtet. Einige Inhalte, die sonst aus der Orientierungsstufe als bekannt vorausgesetzt werden (z.B. die Dichte), müssen hier zusätzlich in der achten Klasse unterrichtet werden.

Die Klasse 8a setzt sich aus 12 Mädchen und 9 Jungen zusammen. Erfreulicherweise sind die Mädchen mindestens genauso an der Thematik interessiert wie die Jungen, was sich in ihrer wesentlichen Mitarbeit am Unterrichtsgeschehen ausdrückt. Besonders die Mädchen der ersten Reihe und hier A, B, C, D und E beteiligen sich sehr häufig mit guten Beiträgen am Unterrichtsgespräch und durch Mithilfe an Versuchen. Eher still im Unterricht sind F und G in der zweiten Reihe, jedoch arbeiten sie etwa in Schülerübungen sehr gründlich und beweisen auch in den Hausaufgaben Interesse und Sachverstand. Von den Jungen beteiligen sich H, I und J häufig und inhaltlich fundiert. Sorgen bereiten mir im Physikunterricht K und L hinten links im Saal. Sie beteiligen sich nur wenig am Unterricht, nehmen insbesondere an den Schülerversuchen praktisch nicht teil. Das finde ich als Physiklehrer sehr schade, jedoch möchte ich niemanden zur Mitarbeit zwingen, sofern kein Interesse am Inhalt des Faches oder der Art der Erarbeitung besteht. Immerhin sind die genannten Schüler alle bereit, sich etwa dann zu beteiligen, wenn beispielsweise sportliche Leistungen im Physikunterricht gefragt sind (Große Kräfte ausüben, Geschwindigkeitsmessungen auf dem Sportplatz).

Noch immer fällt es mir schwer, die Leistungsfähigkeit der Lerngruppe insgesamt richtig einzuschätzen, obwohl die Klasse 8a sicher zu den interessierteren und leistungsfähigeren Klassen der Schule gehört und so nicht ohne Grund bereits häufig Lehrprobenerfahrung gesammelt hat. Das vorgesehene Stoffpensum in der zur Verfügung stehenden Schulstunde zu vermitteln, gelang mir jedenfalls bisher nur in wenigen Fällen. Für die heutige Stunde habe ich daher bewußt wenig Inhalte und Lernschritte eingeplant.

Schülerübungen im Physikunterricht wurden während meines Unterrichts und auch zuvor regelmäßig durchgeführt; jedoch gilt auch hier, dass nur selten alle vorgesehenen Aufgaben bearbeitet wurden. Das Lesen und Umsetzen

langer Texte bereitet noch Mühe, ich will es daher heute erneut einüben.

4 Didaktische Entscheidungen

Nach ersten Vorüberlegungen zum Inhalt dieser Unterrichtsstunde mußte ich erstaunt feststellen, dass Hebel und Drehmoment im Lehrplan nicht verbindlich vorgesehen sind. Nur im Rahmen der Projektvorschläge (Fahrrad) taucht der Begriff „Bio Hebel“ auf [1].

Hebel sind im Alltag allgegenwärtig und zur Arbeitserleichterung² von großem Nutzen. Ich möchte daher auf eine Behandlung im Unterricht nicht verzichten und sehe mich durch die drei zur Vorbereitung herangezogenen Lehrbücher bestärkt, die alle Hebel und Drehmoment thematisieren [2, 3, 4].

Meine eigenen didaktischen Vorstellungen weichen in mancherlei Hinsicht von den Vorgaben des Lehrplans und dem auch sonst üblichen Vorgehen in der Schule ab. So favorisiere ich eigentlich einen dynamischen anstelle eines statischen Kraftbegriffs. Dass Kräfte Bewegungszustände ändern, ist für mich wichtiger als die verformende Wirkung einer Kraft. Auf das heutige Stundenthema bezogen bedeutet das, dass ich analog nach Möglichkeit auch auf die (dreh-)bewegungsändernde Eigenschaft des Drehmoments zumindest im Gespräch eingehen möchte.

Ich lege überhaupt auch Wert auf die Einführung des Drehmoments als physikalische Größe. Ich mußte feststellen, dass selbst Leistungskurse Physik in der Oberstufe den Begriff des Drehmoments nie kennengelernt haben. Dabei sind Drehbewegungen ähnlich alltäglich wie lineare Bewegungen und beispielsweise scheuen heute selbst Automobilhersteller in ihren Werbeanzeigen nicht davor zurück, mit dem maximalen Drehmoment ihrer Motoren zu werben. Die Größen der Drehbewegung, die sich in schöner Analogie zur Transversalbewegung ergeben, sollten daher im schulischen Unterricht Aufnahme finden.

Allerdings besteht bei der Größe Drehmoment die Gefahr der Verwechslung mit der Arbeit bzw. Energie, da beide Größen einheitsgleich sind. Die Gefahr wird minimiert, indem für die Energie die Einheit *Joule* in den Vordergrund gestellt wird. Die Arbeit halte ich wiederum für eine verzichtbare Größe; geht man von der grundsätzlichen Energieerhaltung aus, läßt sich das Produkt aus Kraft mal Weg mit dem Energieübertrag identifizieren.

Das Drehmoment kann im Mittelstufenunterricht lediglich als Betrag, nicht als Vektor definiert werden, da das Vektorprodukt $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ noch lange nicht zur Verfügung steht. Problematisch wird durch diesen Verzicht jedoch das Drehmomentgleichgewicht: Drehmomente heben sich in ihrer Wirkung auf, wenn sie entgegengesetzt gleich groß sind, analog zu Kräften. Hier muß die anschauliche Vorstellung von einem Drehmoment „rechtsherum“ und „linksherum“ genügen.

²Hier nicht im physikalischen Sinn.

In der hier geplanten Unterrichtsstunde wird nur der Fall betrachtet, bei dem die Kraft senkrecht auf den Hebelarm wirkt. Das Drehmoment wird daher als das Produkt aus Betrag der Kraft mal Abstand zur Drehachse definiert. In den folgenden Stunden wird daher eventuell noch darauf einzugehen sein, dass für beliebige Winkel zwischen Kraft und Hebelarm statt des Abstands entlang des Hebels der kürzeste Abstand vom Drehpunkt zur Wirkungslinie der Kraft anzusetzen ist.

Weiterhin wäre es in den nächsten Stunden aber sicher auch reizvoll, den Schritt vom Drehmomentgleichgewicht zum Drehmomentungleichgewicht und damit zur beschleunigten Drehbewegung zu gehen. Diesem Weg wird aber wohl das nahe Schuljahrsende eine Grenze setzen.

5 Methodische Entscheidungen

Der Bau eines Mobiles als Einstiegs-idee in das Thema Hebel und Drehmoment mag etwas ungewöhnlich sein. Näherliegend wäre wohl der Weg über gebräuchliche Haushaltswerkzeuge wie Zange, Schraubenzieher und Gabelschlüssel, die geeignet sind, als Hebel und damit Kraftwandler Alltagsprobleme zu lösen. Jedoch bin ich in diesem Kontext auf keine Versuchsidee gestoßen, die ein quantitatives Experimentieren motiviert und praktisch erlaubt hätte, um so in der Folge das Hebelgesetz zu erarbeiten.

Eben dies sollte mit dem Mobile möglich sein. Der Bau selbst mag etwas weit hergeholt erscheinen, tatsächlich dürfte in der Praxis auch das Ausprobieren gegenüber der vorherigen Berechnung schneller zum Ziel führen. Gleichwohl handelt es sich um ein anschauliches Beispiel, die Wirkung der Hebelarme ist offensichtlich und die Überlegungen zum Hebelgesetz sollten rasch zum Ziel führen.

Das wird auch dadurch begünstigt, dass gleich große Kugeln mit –leider nur annähernd gleicher Masse– als an den Mobiles aufgehängte Objekte Verwendung finden. Auch die Massen und damit die Kräfte sollten für die Schüler somit direkt ablesbar sein. Die angedeuteten Schwierigkeiten durch den Einsatz von Naturmaterialien im selbst erstellten Versuchsaufbau hätte man natürlich auch umgehen können, indem man auf fertig vorkonfigurierte Hebel aus den vorhandenen Schülerversuchskästen zurückgegriffen hätte. Denen haftet allerdings doch der Geruch an, Kunstgebilde zu sein, die nur als Lehrmaterial im Schulbereich auftreten. Vielleicht besitzt ein Mobile dann doch etwas mehr Charme und es mag in einer künstlerisch gefälligeren Form tatsächlich einmal Umsetzung aus Schülerhand erfahren.

Nach einer absichtlich kurz gehaltenen Problemstellung als Einstieg durch den Lehrer soll unmittelbar anschließend die Erarbeitung im Schülerversuch beginnen. Der Schülerversuch soll zentrales Element der Stunde sein, hier sollen möglichst von jedem Schüler selbst die physikalischen Gesetzmäßigkeiten erfahren und die Messungen gemeinsam mit dem Partner oder in der Klein-

gruppe durchgeführt werden (Die Schüler arbeiten nach eigener Entscheidung mit dem oder den Banknachbarn in der Gruppe zusammen).

Die bisherigen Erfahrungen mit Schülerversuchen in Abwesenheit des Fachlehrers waren leider zwiespältig. Zwar sind die Schüler in ihrer Mehrheit Schülerversuchen nicht abgeneigt, jedoch ergab sich regelmäßig eine große Unruhe. Korrekturen beispielsweise an der Aufgabenstellung waren im Nachhinein nicht mehr möglich. Bis zum Ende der Stunde war nur ein Teil der Schüler zu den vorgesehenen Ergebnissen gelangt. Einige nahmen praktisch nicht an den Messungen Teil (Vgl. Bemerkungen zur Lerngruppe) oder folgten nicht der vorgegebenen Aufgabenstellung. Letzteres wäre von mir sogar erwünscht, sofern die Arbeit oder das Spiel mit dem Experiment sich tatsächlich mit *irgendeiner* physikalischen Fragestellung verbinden würde. Indes erhält man den Eindruck, dass einige Schüler den selbst durchgeführten Experimenten keine angemessene Bedeutung zumessen.

Gleichwohl halte ich an Gruppenarbeit und Schülerversuchen fest. Die praktische Arbeit im Team am Experiment entspricht in hohem Maße der Vorgehensweise in den Naturwissenschaften im Studium und der Berufswelt. Weiterhin denke ich, kann das beiderseitige Lehren und Lernen von Schüler zu Schüler ertragreicher sein als die Vermittlung durch den Lehrer, zumal hier auch soziales Lernen einen viel stärkeren Stellenwert erhält.

Für die heutige Stunde habe ich die Aufgaben und entsprechend die Ausrüstung für die Gruppen geringfügig differenziert: Die Mobiles sollen aus jeweils anderen Kombinationen von Kugeln zusammengesetzt werden. Die Gruppen sollen dann auch die Ergebnisse der anderen Gruppen berücksichtigen und später mit auswerten. Auf diese Weise wird der Anteil jeder einzelnen Gruppenarbeit für das letztliche Gesamtergebnis wichtig. Da sich gerade der Aufbau bei den Schülerversuchen immer als sehr zeitaufwändig erwiesen hat, werde ich trotz einiger Bedenken die Ausrüstung für den Schülerversuch weitgehend vor der Stunde zusammenstellen, so dass keine Unruhe durch die Organisation der Materialbeschaffung entsteht.

Ihre Aufgabenstellung erhalten die Schüler zusammen mit dem Material für das Experiment ausgeteilt. Der Versuchsbeschreibung ist nur eine kleine Skizze beigelegt, die wesentlichen Aufgaben ergeben sich aus dem begleitenden Text. Das Bearbeiten von schriftlich in zusammenhängendem Text fixierten Aufgaben bereitet einigen Schülern noch Mühe. Dennoch möchte ich auf schriftlich formulierten Aufgaben bestehen. Die Lesefähigkeit schriftlich fixierter Texte halte ich auch im Physikunterricht für unabdingbar. Zeichnungen würden Texte zwar stellenweise ersetzen können, jedoch geht nach meiner Beobachtung die zunehmend visualisierte Darstellung zu Lasten der Fähigkeit, abstrahierende Beschreibungen zu erstellen und zu verstehen.

Das an die Schülerversuche anschließende Zusammentragen der verschiedenen Ergebnisse soll auf Folie am OH-Projektor stattfinden: Als Grundlage soll hierzu eine Folienvorlage verwendet werden, die den Schülern in nur geringfügig geänderter Form auch als Arbeitsblatt vorliegt. Die Folienarbeit

begründet sich weiter darin, dass der Tafelanschrieb aufgrund der Schriftlesbarkeit den von Schülerseite meistkritisierten Teil meines Unterrichts bildet. Der Folienanschrieb heute ist als ein Versuch zu sehen.

Die Erarbeitung der hier wichtigen zentralen Gesetzmäßigkeit sollte idealerweise im gelenkten Unterrichtsgespräch durch die Schülerseite erfolgen. Jedoch benötigt dieses Vorgehen oftmals sehr viel Zeit. Ich neige daher leider dazu, bei der häufig auftretenden Zeitknappheit die Vermittlung verstärkt an mich zu reißen, um das angestrebte Stundenziel doch noch zu erreichen. Das bedauere ich selbst, gleichwohl scheint es mir wichtig, zumindest zentrale Punkte des Lehrstoffs tatsächlich auch zu vermitteln und der Stunde so jeweils einen klaren Akzent zu geben.

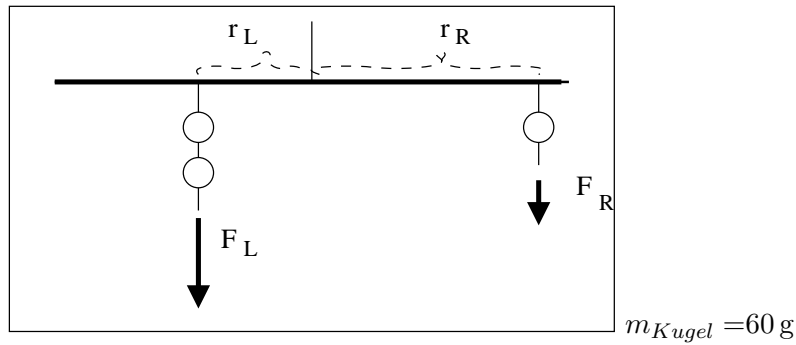
Zur Übung und Bewährung des Stoffes eignen sich verschiedene erweiternde Kombinationen von Kugeln, die an unterschiedlichen Positionen am Mobile befestigt werden. An dieser Stelle kann aber durchaus im heutigen Unterricht auch gekürzt werden. Die Hausaufgabe besteht dann in der vollständigen Auswertung der selbst gemessenen beziehungsweise übernommenen Messwerte.

Literatur

- [1] Lehrplanentwurf Physik Gymnasium (Klassen 8-10). Rheinland-Pfalz
- [2] Franz Bader (Hg.): *Dorn Bader Physik*. Gymnasium. Sek I. Hannover 2001.
- [3] Gerd Boysen u. a.: *Physik für Gymnasien*. Sekundarstufe I. Länderausgabe C. Teilband 1. Berlin ¹1990. [Eingeführtes Lehrbuch].
- [4] Wilhelm Brendtauer u. a.: *Impulse Physik*. Klasse 8-10 für die Gymnasien in Rheinland-Pfalz. Stuttgart 2003.

A Geplantes Folienbild

BAU EINES MOBILES



Linke Seite				Rechte Seite			
Anzahl Kugeln	F_L	Abstand r_L	Drehmoment M_L	Anzahl Kugeln	F_R	Abstand r_R	Drehmoment M_R
2	1,2 N	5 cm	0,06 Nm	1	0,6 N	10 cm	0,06 Nm
2	1,2 N	7 cm	0,084 Nm	1	0,6 N	14 cm	0,084 Nm
2	1,2 N	?	?	1	0,6 N	?	?

$$\frac{F_L}{F_R} r_L = r_R$$

$$\underbrace{F_L r_L}_{M_L} = \underbrace{F_R r_R}_{M_R}$$

Das Produkt aus Kraft und Abstand zur Drehachse ist das Drehmoment M .

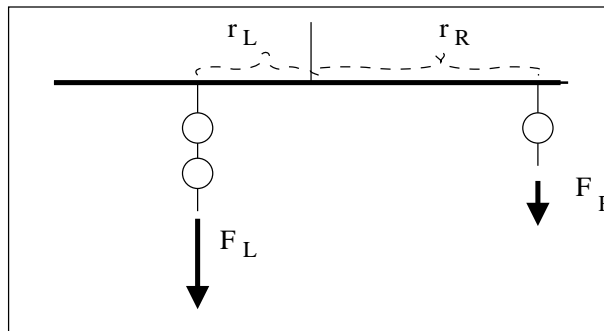
$$M = F \cdot r$$

Einheit von M : Nm

Wenn die Drehmomente re. u. li. gleich groß sind, herrscht ein Drehmomentgleichgewicht → Keine (Dreh-)Bewegungsänderung

B Arbeitsblatt

1. Hängt das Mobile an einem Stativ auf und kontrolliert, ob das Mobile ohne Kugeln exakt waagrecht hängt (eventuell den Aufhängefaden etwas verschieben).
2. Hängt die beiden Fäden mit den Kugeln auf die rechte bzw. linke Seite des Mobiles.
3. Einer von Euch verschiebt die Fäden mit den Kugeln auf dem Holzstab solange, bis das Mobile im waagrechten Gleichgewicht ist. Misst den Abstand der Fäden von der Mitte des Hölzchens aus. Beginnt mit dem Ausfüllen der untenstehenden Tabelle (1., 3., 5. und 7. Spalte).
4. Die anderen Teilnehmer Eurer Gruppe sollen auch jeweils eine Position finden, für die das Mobile im Gleichgewicht ist. Versucht aber, unterschiedliche Positionen zu finden und tragt die Ergebnisse ebenfalls in die Tabelle ein.
5. Fragt andere Gruppen, die andere Kombinationen von Kugeln haben, nach ihren Messergebnissen und tragt diese ebenfalls in die Tabelle ein



Linke Seite				Rechte Seite			
Anzahl Kugeln	F_L	Abstand r_L		Anzahl Kugeln	F_R	Abstand r_R	

Hausaufgabe: Füllt Eure Tabelle vollständig aus (Drehmomente auf beiden Seiten berechnen und vergleichen)!