

Die Umsetzung des moderierten Dialoges

Klaus Albrecht

Der moderierte Dialog im Physikunterricht begünstigt konstruktivistisches Lernen im Unterricht. Die Absichten und die Entwicklungsgeschichte dieser Methode habe ich in *Plus Lucis* 2/2001 unter "Physikunterricht als moderierter Dialog" dargestellt. Rückmeldungen von Fachkollegen zeigten mir, dass die Praxis dieser Methode nur ungenügend beschrieben wurde. Die folgenden zwei Zitate von Lehrerkollegen bekunden den Erklärungsbedarf für die konkrete Umsetzung dieser Methodik im Physikunterricht:

Zitat 1: "Ich kann mir nicht vorstellen, wie das funktionieren soll!"

Zitat 2: "Ganz nett dieser Artikel, aber ich habe 30 Schüler im Unterricht!"

In diesem Artikel möchte ich eine detaillierte Beschreibung der Unterrichtsgestaltung liefern. Der Leser möge selbst über Konvergenz von Theorie und Praxis urteilen.

1. Der Unterrichtsaufbau - die Theorie

1.1 Die Jahresplanung

Die Planung lässt sich pragmatisch mit dem Titel "Gliederung des Schuljahres in einzelne Kapitel der Physik" beschreiben. So umfasst z.B. eine Einheit dieser Planung das Themengebiet Kinematik. Es ist die Aufgabe des Lehrers, mittels einführendem Vortrag den Schülern die bevorstehende Herausforderung deutlich zu machen. Querverweise auf die Entwicklungsgeschichte von physikalischen Theorien bieten sich häufig an, um den Schülern die Schwierigkeiten, die mit der jeweiligen Thematik verknüpft sind, vor Augen zu führen. Für jede dieser Einleitungen sollte der Lehrer aber nicht mehr als eine Unterrichtsstunde bemessen. Gute Vorbereitung und strenge Selbstdisziplin sind erforderlich, um diesen äußerst engen Zeitrahmen in der Praxis umzusetzen. Einen Leitfaden für den Inhalt einer solchen Stunde findet man in den einleitenden Kapiteln mehrerer Physiklehrbücher, wie zum Beispiel in *PSSC Physics*, Haber-Schaim, Dodge, Gardner, Shore oder in *Physics - A World View* von Kirkpatrick, Wheeler.

Den Hauptteil dieser zeitlich größten Planungsphase bildet dann die Erarbeitung des entsprechenden Kapitels. Wie wir sehen werden, erfolgt die Erarbeitung des Kapitels primär durch die Schüler, wobei die Schüler hierbei vom Lehrer geführt werden. Jedoch erfolgen die praktischen Informationen für die Realisierung dieser Zielsetzung nicht an dieser Stelle, da der Hauptteil dieser Planungsphase aus einzelnen, zeitlich kürzeren Segmenten aufgebaut ist. So findet man die Erklärung, wie im Unterricht eine solche Einheit vom Lehrer maßgeblich behandelt wird, weiter unten im Text bei der Monatsplanung und bei der Planung der einzelnen Physikstunde.

Den Schlussteil dieser zeitlich größten Einheit für den Unterrichtsentwurf bildet eine vom Lehrer verfasste schriftliche Zu-

sammenfassung der Theorie. Der zeitliche Aufwand im Unterricht für den Schlussteil beschränkt sich auf das Austeilen der Kopien mit der Zusammenfassung der wichtigsten Konzepte des aktuellen Abschnittes (also zum Beispiel eine Zusammenfassung der wesentlichsten Dinge zum Themengebiet 'Kinematik'). Auch hier lassen sich als Leitlinien für solche Zusammenfassungen viele Unterrichtsbücher heranziehen, etwa *The World of Physics* von John Jewett.

Fazit: Die Jahresplanung gliedert sich in einzelne Themen (Kinematik, Dynamik, ...). Die Behandlung dieser Themen ist einheitlich aufgebaut: Stets finden wir eine Einleitung (entspricht hier der bündigen Einführung in die Thematik durch den Lehrer), stets finden wir einen Hauptteil (entspricht hier der Erarbeitung des Kapitels durch die Schüler unter der Führung des Lehrers) und stets finden wir einen Schlussteil (entspricht hier einer vom Lehrer für die Schüler zur Verfügung gestellten Zusammenfassung des Kapitels).

1.2 Die Monatsplanung

Die zeitlich nächst kleinere Einheit des Unterrichtsaufbaues erstreckt sich oftmals über Wochen. Diese Einheit lässt sich am besten als sokratischer Diskurs mit den Schülern betiteln. Die Einleitung zu dieser Phase bildet die sokratische Fragestellung, die vom Lehrer kommt. Der "moderierte Dialog" wird also vom Lehrer mit einer Frage eröffnet, die in den meisten Fällen durch ein "Experiment" veranschaulicht werden kann. Diese Veranschaulichung beschränkt sich aber zunächst meist auf die Präsentation des Versuchsaufbaus - die Durchführung des Experimentes erfolgt vielfach erst zu einem späteren Zeitpunkt der Diskussion. Damit beabsichtigt der Lehrer die Spannung für die Auseinandersetzung mit der Problematik zu erhalten und somit interessante Ansichten der Schüler zuzulassen, ohne diese durch die Beobachtung des Experimentes von vornherein zu korrumpieren. Die Fragestellung hat somit häufig den folgenden Charakter: "Was wird passieren, wenn ...?" Es sei angemerkt, dass der Lehrer erklärende Hinweise bei der Fragestellung tunlichst vermeiden soll.

Im folgenden Beispiel lässt sich die Veranschaulichung mit geringem Aufwand realisieren: Der Lehrer legt eine Feder auf ein Buch und fragt, ob Feder und Buch während des Falles auf den Boden voneinander getrennt werden. Der Lehrer legt nun Buch und Feder wieder zurück auf den Tisch und die Diskussion über die Frage startet - das Experiment wird man erst später in der Diskussion durchführen. Ich könnte mir auch vorstellen, dass bei der folgenden Erörterung ein weiteres Experiment notwendig wird, um den Einfluss der Luft zu untersuchen (die Idee zu diesem "Folgeexperiment" - die Luft zunächst einmal zu entfernen, um deren Einfluss zu untersuchen - muss aber von den Schülern kommen und darf nicht vom Lehrer aufgedrängt werden). Nicht immer lässt sich eine solche Veranschaulichung finden. Nichtsdestoweniger muss aber die Fragestellung für den Schüler intuitiv begreiflich sein. Ein solches Beispiel sei hier ebenfalls angeführt (ich habe es aus *Minds on Physics*, W. J. Leonard, et al. entnommen): "Wie

würdest du einen 'Code' erstellen, der es ermöglicht die Position jedes beliebigen Gegenstandes im Klassenzimmer ausfindig zu machen? Dein 'Code' sollte so wenig Zeichen und Symbole wie nur möglich verwenden, keine bestimmten Gegenstände oder Personen im Raum benennen, und trotzdem die Position eines gesuchten Objektes genau wiedergeben. Jeder Mitschüler, der in die Bedeutung deines 'Codes' eingeweiht wurde, sollte in der Lage sein, dieses Objekt im Klassenzimmer zu entdecken."

Den Hauptteil der Monatsarbeit beansprucht das Erarbeiten von Antworten zur Fragestellung. Die Auseinandersetzung mit der Frage führt Lehrer und Schüler gemeinsam in einen Dialog. Der Lehrer leitet diese Debatte durch sokratisches Erfragen. Die Schüler konstruieren selbständig sinnstiftende Lösungsstrategien. (Die Aufgabe des Lehrers gleichsam als Moderator den Dialog zu steuern und andererseits nicht die Antworten vorwegzunehmen ist in *Plus Lucis* 2/2001 näher ausgeführt.) Die Konfrontation mit der Ausgangsfrage des moderierten Dialoges ruft im allgemeinen weitere Fragen hervor. Diese "klärenden Fragen" sind bereits Inhalt des moderierten Dialoges zwischen Schüler und Lehrer. Da dieser moderierte Dialog in jeder Physikstunde prinzipiell gleich abläuft, soll seine Organisation kurz beschrieben werden:

Der Lehrer führt die Diskussion mit nur sechs Schülern. Die Schüler können sich "bedingt" freiwillig für eine Diskussion mit dem Lehrer (= Moderator) melden. Lediglich die mehrfache Teilnahme einzelner Schüler an einer konkreten Fragestellung sollte durch den Lehrer limitiert werden. Mit dieser Regelung strebt der Lehrer eine Gleichverteilung der Schülerpräsenz in den Diskussionen an. Melden sich zu wenig Schüler freiwillig, so wählt der Lehrer die fehlenden Teilnehmer für die Diskussion aus. Was macht aber nun der Rest der Klasse während dieser Diskussion? Jedem der sechs "Protagonisten" der Diskussion wird ein Protokollschreiber zugeordnet. "Redner" und "Schreiber" bilden somit ein Team, wobei die Aufgabe des Protokollschreibers darin besteht, die Beiträge seines Partners zur Diskussion schriftlich festzuhalten. Folglich sind zwölf Schüler während der Unterrichtsstunde beschäftigt. Sechs Schüler diskutieren mit dem Lehrer die Fragestellung, sechs weitere Schüler fertigen die entsprechenden Protokolle an. Ein weiterer Schüler protokolliert die Fragen des Lehrers. Alle angefertigten Protokolle halten neben den Diskussionsbeiträgen auch das Datum, den Namen des Protokollschreibers und den Namen des Diskussionsteilnehmers fest. Mit Hilfe der Protokolle ist es dem Lehrer möglich, die Argumente und Fragen der Diskussionsteilnehmer in schriftlicher Form zu erhalten. Der Rest der Schüler macht sich Notizen zum Verlauf der Diskussion und kann sich im Bedarfsfall konstruktiv in die Diskussion einbringen. Ein solcher Bedarfsfall wird ausschließlich vom Lehrer definiert und entsteht lediglich dann, wenn von den sechs Diskutanten keine entwicklungsfähigen Ideen mehr kommen. In der Praxis tritt dieser Fall äußerst selten ein. Im Gegensatz zu den Diskussionsprotokollen, die der Lehrer am Ende jeder Unterrichtsstunde einfordert, verbleiben diese Notizen bei den Schülern. Die Diskussionen zu einer Fragestellung erstrecken sich häufig über mehrere Wochen. Man könnte vermuten, dass die "Zaungäste" des moderierten Dialogs (also die "Nicht-Diskussionsteilnehmer" und "Nicht-Protokollschreiber") schon bald die Motivation verlieren, die Debatte zu verfolgen und sich eigenständig Notizen zu machen. Der Anreiz, die aktuelle Diskussion im Auge zu behal-

ten, entsteht aber teilweise auch aus der Aussicht, dass sich ein Schüler schon bald selbst in der Rolle des Diskutanten wiederfinden könnte - möglicherweise sogar zur selben Fragestellung. Es versteht sich, dass die Diskussion auf die im Unterricht bereits erarbeiteten Einsichten aufbaut. Sollten bereits gewonnene Erkenntnisse in einer Folgediskussion in einer behindernden Weise nicht mehr verfügbar sein, so veranlasst der Lehrer den jeweiligen Protokollschreiber diesen Mangel im Protokoll festzuhalten. Letztendlich sind diese Protokolle auch ein Dokument, das der Lehrer bei der Erstellung der Noten heranzieht.

Den Abschluss dieser Monatsarbeit bildet der von jedem Schüler verfasste Bericht zur behandelten Fragestellung. Dieser Bericht umfasst die gefundene(n) Lösung(en) und zu deren Auffindung hilfreich eingesetzte Strategien, aber auch relevante Irrwege. Es wird sich für die Schüler "in natürlicher Weise" zeigen, dass Vereinfachungen, Idealisierungen und Modellierungen, ebenso wie die Kondensierung auf einfache Relationen den Lösungsweg fast immer begleiten.

Fazit: Die Monatsplanung ist aus einzelnen moderierten Dialogen aufgebaut. Die Einleitung zu diesen Dialogen bildet die vom Lehrer gestellte Frage. Die Hauptsache der Monatsplanung liegt in der Erarbeitung der Fragestellung durch die Schüler unter der Moderation des Lehrers. Den Abschluss jeder Einheit bildet der von jedem Schüler verfasste Bericht. In diesem Bericht sollen die für die Problemlösung der besprochenen Frage wesentlichen Konzepte aufgearbeitet werden. Jahresplanung und Monatsplanung sind natürlich keine separaten Einheiten. So wird es sich in den allermeisten Fällen ergeben, dass für eine Thematik der Jahresplanung (z. B. Kinematik) mehrere Fragestellungen (und somit mehrere moderierte Dialoge) herangezogen werden. Auch wird es notwendig sein, für eine Fragestellung mehrere Physikstunden aufzuwenden. Der Abschlussbericht fasst also im Allgemeinen mehrere Physikstunden zu einer konkreten Fragestellung zusammen.

1.3 Die einzelne Physikstunde

Die zeitlich kleinste Einheit der Unterrichtsplanung ist die einzelne Physikstunde. Die Einleitung jeder Physikstunde bildet der sogenannte "Physics for Fun" - Teil. Dieser Teil ist als ein auflockernder Einstieg in die jeweilige Physikstunde konzipiert. Die wesentlichste Auflage an diese Einleitung besteht darin, dass der Schüler diese Minuten als spektakuläre oder spannende Einheit erleben sollte. Ein Beispiel für eine solche "Physics for Fun" Sache wäre die folgende Aktion: Der Lehrer behauptet, dass er ein Tischtuch vom Pult wegziehen kann, ohne dass die darauf gestellten Teller und Gläser vom Tisch fallen. Nach Möglichkeit sollte dieses Experiment mit PorzellanGeschirr und nicht mit Plastikgeschirr durchgeführt werden - dies trägt zur Erhöhung der Spannung bei. Da der Spaß bei dieser Einheit nicht zu kurz kommen soll, wäre es bei diesem Beispiel erstrebenswert, dass ein Schüler das Experiment durchführt bzw. nach der Darbietung des Lehrers dieses Experiment zu wiederholen versucht. Weitere Beispiele sollen den Charakter dieser Einheit besser verdeutlichen:

1. Beispiel: Der Lehrer durchspielt einen Luftballon, ohne dass dieser zerplatzt (Einstichstelle und Austrittsstelle sind entscheidend!). Anschließend fordert er die Schüler auf, dies nachzumachen.

2. Beispiel: Ein Glas gefüllt mit Wasser wird durch Auflegen eines Kartons "verschlossen". Nun kann man das Glas Wasser (über dem Kopf) umdrehen, ohne dass das Wasser herausströmt.

Das Interesse der Schüler an diesen Experimenten erzeugt ein angenehmes Arbeitsklima für den Unterricht. Auch schaffen die Überlegungen der Schüler zu diesen Experimenten in manchen Fällen interessante Variationen zur Intention des Lehrers. Die entspannende Wirkung dieses "Physics for Fun" - Teils erhöht sich, wenn die Schüler bei diesen Experimenten aktiv beteiligt sind und die gestellte Aufgabe selbst ausprobieren können. Es erscheint mir wichtig anzumerken, dass der physikalische Hintergrund zu diesen "Physics for Fun" Aktionen in keiner Weise mit dem aktuell im Unterricht behandelten Stoffgebiet korrelieren muss. So zum Beispiel führte ich das oben angeführte Experiment mit dem Wasserglas in einer Zeit durch, in der ich mich thematisch in der Kinematik befand. Der Sinn dieses Einleitungsteiles umfasst mehrere Aspekte: Erstens soll er zur Auflockerung dienen und Spaß machen. Zweitens sollen die Schüler diese "Zaubertricks" mit erklärbarer Physik assoziieren. Drittens erarbeite ich somit einen Vorrat an Beobachtungen und kann später im Schuljahr annehmen, dass die Schüler ein konkretes Experiment selbst gesehen haben. Dieses Reservoir an Beobachtungen steht den Schülern später als Fundgrube zur Verfügung, wenn sie eine bestimmte Thematik in der Physik durch moderierte Dialoge erarbeiten. Aber auch ohne diesen gemeinsamen Pool an Beobachtungen ürdien die Schülerantworten auf meine Fragen während des moderierten Dialoges nicht von einem Null-Niveau aus konstruiert werden (Vorerfahrungen der Schüler, intuitive Konzeptvorstellungen, individuelle Beobachtungen, ...). Dennoch bringt dieser Abgleichprozess eine Verbesserung mit sich, da Schüler und Lehrer in manchen Fällen von einer gemeinsamen (Beobachtungs-) Basis ausgehen können. Somit kommt diesem Potpourri auch die Rolle eines "Albums für Experimente" zu, aus welchem die Schüler während des moderierten Dialoges Vergleiche ziehen können. Nochmals sei aber darauf hingewiesen, dass diese spektakulären Experimente nicht mit dem aktuellen Unterrichtsstoff abgestimmt werden. Der Spaß steht hier im Vordergrund. Überlegungen bezüglich einer Abstimmung auf zukünftige Diskussionen haben nur eine untergeordnete Bedeutung. Auch bei diesem "Physics for Fun" Teil hat sich die Stärke der Fragestellung "Was wird passieren wenn ..." (also die Aufforderung an die Schüler, das zu erwartende Ergebnis des Experimentes vorherzusagen) erwiesen. Neben diesem Typus bürgt eine weitere Fragestellung für Spannung und Unterhaltung: Hierbei fordert der Lehrer die Schüler heraus, eine bestimmte Aufgabe zu bewältigen. Einige Beispiele für eine solche Herausforderung wären die folgenden (diese Beispiele stammen aus dem Buch *How Things Work, The Physics of Everyday Life*, Louis A. Bloomfield):

"Local fairs and amusement parks usually offer games in which you can win a large prize by performing a seemingly easy task. In many cases, these tasks are made surprisingly difficult by simple physical principles and few people receive prizes:

- A pitching game requires that you knock over three milk bottles with a baseball. The bottles are filled with sand.
- A tossing game requires that you throw a coin forward and have it come to a stop on a smooth glass plate.

- Another game requires that you knock over a miniature bowling pin with a ball hanging from a string. The string is suspended from a point directly above the pin. To win, you must swing the ball past the pin and have the ball knock over the pin on its return swing."

Der Spaß bei der Sache kommt dann, wenn die Schüler ihre Vorschläge selbst ausführen müssen.

Man kann die Aufgaben der Schüler während dieses "Physics for Fun" Teiles folgendermaßen zusammenfassen: Erstens müssen die Schüler Spekulationen über das zu erwartende Ergebnis äußern, oder Vorschläge zur Bewältigung einer Aufgabenstellung einbringen. Es ist wichtig, dass der Lehrer sich während dieses Teiles der Unterrichtsstunde auf keine Diskussion mit den Schülern einlässt - der Diskussionsteil gehört in den Hauptteil (= moderierter Dialog) der Physikstunde. Zweitens sind die Schüler aufgefordert, die Beschreibung dieser "Physics for Fun" Frage, ihre Vermutungen über den Ausgang von Versuchen, Ideen und Beobachtungen in einem eigenen Heft schriftlich festzuhalten.

Den Hauptteil der einzelnen Physikstunde bildet der moderierte Dialog zu einer Fragestellung. Die Absichten dieser Diskussion mit den Schülern wurde in "Physikunterricht als moderierter Dialog", *Plus Lucis* 2/2001 beschrieben. Die organisatorischen Aufgaben findet man oben in der Monatsplanung. Der Leitgedanke für diese sokratischen Diskurse mit den Schülern sei nochmals durch ein Zitat von A. Arons wiedergegeben (s. *A Guide to Introductory Physics Teaching*): "Learners must be confronted with direct experience, and with contradictions and inconsistencies, in such a way, as to induce them to articulate lines of arguments and reasoning in their own words."

Den Abschluss der einzelnen Physikstunde bildet eine Reflexionsphase. Die Dauer dieser Phase liegt im Bereich von etwa 5 Minuten. Während dieser Zeit haben die Schüler Gelegenheit zusammenfassende Notizen zur gelaufenen Diskussion niederzuschreiben (insbesondere auch die Protokollschreiber, deren Protokolle ja am Ende der Stunde dem Lehrer übergeben werden). Der Lehrer nützt diese Zeit für Notenaufzeichnungen zu den sechs aktiv in der Diskussion beteiligten Schülern.

Fazit: Es ergibt sich auch für die einzelne Physikstunde die charakteristische Gliederung aus Einleitung, Hauptteil und Abschluss. Die Einleitung entspricht in der einzelnen Physikstunde dem "Physics for Fun"-Teil. Dieser wird vom Lehrer initiiert, aber die Mitwirkung der Schüler ist hier ein entscheidender Bestandteil des Spaßes. Den Hauptteil der Physikstunde nimmt der sokratisch geleitete Diskurs zu einer Fragestellung ein. Der Abschluss ist eine Nachbearbeitung der Unterrichtsstunde und dient dem Lehrer und den Schülern für Kurzaufzeichnungen.

2. Eine Unterrichts(doppel)stunde - die Praxis

Die Physikstunde beginnt mit dem *Physics for Fun*-Teil: Ich nehme einen Haarfön in die Hand, richte die "Mündung" des Föns nach oben und lade einen Pingpong Ball auf der Mündung ab. Nun frage ich: "Was wird passieren, wenn ich nun den Fön einschalte?" Ich verlange, dass die Schüler ihre Vermutungen aufschreiben. Anschließend schalte ich den Fön ein. Ich fordere die Schüler auf, ihre Beobachtungen und Überle-

gungen ebenfalls schriftlich festzuhalten. Ein Schüler möchte wissen, was passiert, wenn man die Mündung des Föns nicht vertikal ausrichtet, sondern zur Seite neigt. Ich möchte, dass er dies selbst ausprobiert. Er kippt die Mündung des Föns, bis der Ball aus dem Luftstrom zu Boden fällt. Zwei, drei Schüler möchten Erklärungen für dieses Experiment anbieten. Sie werden von mir daran gehindert.

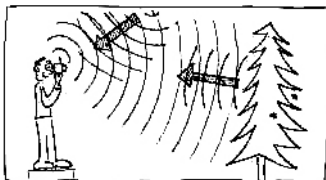
Anschließend werden die sechs Diskutanten und deren Protokollschreiber ausgewählt. Die Fragestellung ist den Schülern aus den vorherigen Physikstunden schon bekannt. (Es geht um folgende Frage: Woher weiß eine Autofokus-Kamera mit Ultraschallgeber, wie weit das Objekt entfernt ist?). Der Hauptteil der Physikstunde - der moderierte Dialog - kann beginnen:

Lehrer: "Zu welchen Erkenntnissen sind wir bisher gelangt?"

Wolfgang: "Die Kamera sendet ein Signal aus, dieses wird reflektiert und dann wieder von der Kamera empfangen. Aus der benötigten Zeit für diesen Rundlauf berechnet die Kamera die Entfernung."

Lehrer: "Aber woher weiß die Kamera, welches Objekt im Raum für die Scharfstellung 'herhalten' muss?"

Ich zeichne die folgende Skizze an die Tafel.



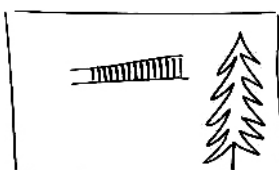
Lehrer: "Warum verwendet die Kamera nicht den Abstand zur Zimmerdecke als Fokus-Wert?"

(Anmerkung: Mit dieser Fragestellung wollte ich auf die Richtcharakteristik der Schallquelle hinweisen.)

Markus: "Wenn man durch die Kamera schaut sieht man ein kleines Viereck. Nur das Objekt innerhalb dieses Vierecks reflektiert das Signal."

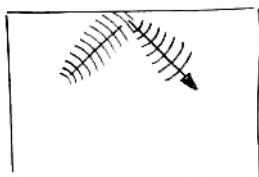
Christian: "Das Ultraschallsignal wird nur horizontal reflektiert; sonst könnten ja auch Fledermäuse die Abstände nicht richtig abschätzen."

Astrid: "Die Kamera sendet nur in einem schmalen Bereich ein Signal." Die Schülerin zeichnet eine Skizze an die Tafel.



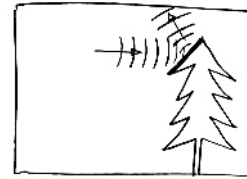
Thomas: "Der rechteckige Sucher, von dem Markus gesprochen hat, weist der Kamera die Richtung. Indem man die Kamera auf das Objekt ausrichtet, ist die Richtung für das Ultraschallsignal auch schon fixiert."

Michaela: "Ich denke Ihre Zeichnung ist falsch, weil die Winkel falsch eingezeichnet sind." Die Schülerin zeichnet an der Tafel ihre Korrektur.



Michaela weiter: "Da das Signal, das die Decke trifft, nicht mehr zurück zur Kamera reflektiert wird, hat es keinen Einfluss auf die Scharfstellung der Kamera."

Christian: "Aber das müsste dann auch am Weihnachtsbaum so aussehen." Er veranschaulicht seine Behauptung durch eine Skizze an der Tafel.



Christian weiter: "Das kann nicht sein, so würde die Kamera das Signal nie wieder empfangen. Die Reflexion muss aber immer horizontal sein, egal ob der fotografierte Gegenstand schräg im Raum steht oder genau senkrecht!"

Lehrer: "Hat jemand ein Gegenargument zur Behauptung von Christian? Muss die Reflexion des Signals am Baum so aussehen wie Christian sie zeichnet?"

Wolfgang: "Die Summe macht das reflektierte Signal aus: Der Gesamteffekt der Hindernisse bewirkt, dass das Signal horizontal zurückreflektiert wird. Der Baum besteht ja aus vielen Nadeln. Alle diese kleinen Flächen zusammen ergeben das Reflexionssignal. Dabei geht auch viel Signal verloren!"

Thomas: "Der Baum ist ja kein Spiegel!"

Astrid: "Ich glaube, dass Michaela Licht und Schall miteinander verwechselt. Das Reflexionsgesetz gilt bei Licht und nicht bei Schall!"

Wolfgang: "Die Ultraschallwellen sind fast Halbkreise, so wird das Objekt nicht nur an einer Stelle getroffen, sondern an vielen Stellen. Der Gesamteffekt ist dann für das reflektierte Signal verantwortlich."

Lehrer: "Astrid hat aber vorhin festgestellt, dass das Signal nur in einem schmalen Bereich ausgesendet wird." Der Lehrer zeigt auf die Skizze von Astrid. "Wenn es nach Astrid geht sind die ausgesendeten Wellen keine Halbkreise!"

Wolfgang: "Das Problem liegt beim Vergleich mit den Lichtwellen. Man kann bei einem Schallsignal nicht mit 'Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel' arbeiten. Das Signal der Kamera ist nach vorne gerichtet und kommt dann wieder aus der gleichen Richtung zurück. So wie bei einem Echo. Das Wort 'reflektieren' ist hier irreführend."

Michaela gibt zu, dass sie tatsächlich Licht und Schall verwechselt hat. Der Lehrer richtet eine Umfrage an die gesamte Klasse: "Wer glaubt, dass beim Schall das Reflexionsgesetz nicht gilt?" Ergebnis: In etwa die Hälfte der Klasse hebt die Hand. Ich erzähle von zwei Beispielen, bei denen die Reflexion von Schall entscheidend ist. Erstes Beispiel: Von der Raumdecke abgehängte Reflektorplatten über dem Orchester in der Opernhalle von San Francisco. Zweites Beispiel: Schallschüsseln (Schall-Parabolreflektoren) in einem 'Discovery Park' in Herstmonceux, East Sussex: Trotz der großen Distanz zwischen den Standorten der beiden Schüsseln kann man sich mit seinem Gesprächspartner unterhalten - auch wenn man leise spricht.

Markus: "Ich habe auch noch ein Beispiel: Wenn ich das Didgeridoo spiele und es in ein Eck platziere oder gegen den Boden richte, dann kann man den Sound überall hören. Wenn ich aber im Freien spiele oder von der Zimmertür aus in den Raum hinein spiele, dann kann man kaum etwas hören. Ich habe dieses Experiment auch mit meiner Katze gemacht und

beobachtet, wie sie reagiert, wenn ich das Didgeridoo gegen den Boden spiele beziehungsweise in den Raum hinein spiele."

Lehrer: "Kennt sonst noch jemand ein Beispiel zu diesem Thema?"

Drei Schüler aus der restlichen Klasse (Anmerkung: diese Schüler gehören nicht zum ausgewählten Team von sechs Diskutanten und sechs Protokollschreibern) melden sich mit einem Handzeichen.

Schüler X: "Ich war in den Ferien in den USA. Ich weiß nicht mehr wo in den USA dieser Sciencepark war - aber auf jeden Fall gab es dort eine große Halle. An zwei gegenüberliegenden Wänden, die weit voneinander entfernt lagen, waren zwei große Dellen in der Mauer. Diese Mauernischen waren so groß, dass man sich hineinsetzen konnte. Da viele Leute in diesem Raum standen hatte ich keinen Sichtkontakt zu meiner Freundin in der anderen Mauernische. Obwohl die Leute im Raum normal laut redeten, konnte ich mich mit meiner Freundin unterhalten - ohne dass jemand dazwischen etwas von unserem Gespräch hörte!"

Schüler Y: "In der Altstadt gibt es auch einen Torbogen - den 'Flüsterbogen' - wo man sich von einer Seite des Tores mit jemandem auf der anderen Seite im Flüsterton unterhalten kann. Man muss nur in den Mauerbogen hinein flüstern."

Schüler Z: "Auf der Bobbahn in Igels hört man im Ziel die Leute am Start der Bahn miteinander reden. Man muss sich nur in den Eiskanal hineinbeugen."

Lehrer: "Was passiert, wenn wir mit einer Auto-Fokus-Kamera ein Objekt hinter einer Fensterscheibe fotografieren?"

Thomas: "Das Licht wird am Fenster gespiegelt. Man sieht nun auch die Reflexionen von Gegenständen im Raum - verursacht durch die Fensterscheibe."

Wolfgang: "Wenn man mit Blitzlicht fotografiert, sieht man am Bild einen hellen Fleck."

Lehrer: "Angenommen ich stehe mit einer Auto-Fokus-Kamera in einer Schaufensterauslage in einem Geschäft und möchte ein bestimmtes Objekt im Schaufenster auf der gegenüberliegenden Straßenseite fotografieren. Ich mache das Foto ohne Blitz." Ich zeichne die Situation an die Tafel. "Gibt es hier irgendein Problem über das ich noch nachdenken sollte?"

Markus: "Ich kann mir nicht vorstellen, dass das Signal durch die erste Scheibe geht, dann durch die nächste Scheibe geht und wieder zurück kommt."

Lehrer: "Welches Signal?"

Markus: "Das Signal um das Foto aufzunehmen."

Lehrer: "Sagen wir, ich lasse den Film entwickeln und sehe auf dem Foto - wenn auch etwas unscharf - das fotografierte Objekt aus dem gegenüberliegenden Schaufenster. Ist dieses Foto dann nicht so etwas wie ein Beweis dafür, dass das Signal auch beim Objekt war und wieder zurück zur Kamera kam. Woher sonst sollte die Kamera wissen, was im gegenüberliegenden Schaufenster zu sehen ist?"

Michaela: "Mit dem Ultraschall wird ja nicht das Bild aufgenommen."

Lehrer: "Sondern ...?"

Michaela: "Die Entfernung bestimmt."

Astrid: "Wahrscheinlich geht aber das Ultraschallsignal nicht durch das Fenster."

Lehrer: "Wir könnten ja ein einfaches Experiment machen. Wir schließen alle Fenster und 'schauen', ob Schall von außen in den Raum gelangt!"

Wolfgang: "Sicher kommt der normale Schall durch. Aber erstens abgeschwächt und zweitens arbeitet die Kamera mit Ultraschall - diesen können wir gar nicht hören, selbst wenn das Fenster offen ist."

Christian: "Würde der Ultraschall ungehindert durch die Scheibe gehen, dann würden Fledermäuse in jede Fensterscheibe hineinfliegen. Diese Tiere hätten also ein ernstes Problem."

Wolfgang: "Aber ich habe mit meiner Auto-Fokus Kamera ein Bild vom Big Ben gemacht - hinter einem Busfenster - und das Bild war scharf. Also muss die Auto-Fokus-Kamera auch dann noch funktionieren. Selbst wenn ein Teil des Signals durch die schwingende Scheibe auch nach außen gelangt, so ist doch der reflektierte Anteil von der Innenfläche der Scheibe schneller zurück und verpatzt die Scharfstellung. Bis das Signal vom Big Ben zurückkommt, wieder durch die Scheibe und dann zur Kamera, bis dahin ist der Bus schon hinter der nächsten Ecke und das Bild schon längst auf dem Film. Abgesehen davon - denke ich - ist das Signal, das vom Big Ben zurück kommt so schwach, dass die Kamera dieses Signal gar nicht realisieren wird."

Lehrer: "Ich bin deiner Meinung. Der Autofokus reagiert sicher auf das reflektierte Signal von der Busscheibe. Warum aber dein Bild vom Big Ben trotzdem scharf ist, kann ich mir so auch nicht erklären."

Hiermit endete der moderierte Dialog für diese Physikstunde. Ich forderte die Schüler auf, die wesentlichsten Feststellungen und Erkenntnisse dieser Doppelstunde schriftlich festzuhalten. (Anmerkung: Diese Aufforderung zur Reflexion richtet sich an alle Schüler der Klasse.) Ich schließe die Unterrichtsstunde mit einer Frage, die jeder Schüler bis zur nächsten Stunde bearbeiten soll: "Was passiert, wenn ich mit einer Auto-Fokus-Kamera vor einem Spiegel stehe und mein Spiegelbild fotografiere?"

In den letzten Minuten halte ich schriftlich mit einfachen Aufzeichnungen meinen Eindruck von den sechs Diskussionsteilnehmern fest. Eine detailliertere Analyse für die Notenaufzeichnungen kann ich später mit Hilfe der Protokolle als Gedächtnisstütze erreichen.

Anmerkung: Durch Recherchen lernte ich noch weitere Verfahren für die Autofokussierung kennen (insbesondere optische Methoden wie "Optischer Kontrast" und "Entfernungsbestimmung durch Bildüberlappung"). So konnte ich mir und den Schülern das scharfgestellte Bild vom Big Ben erklären. Auch eröffnet dieses Beispiel aus der Praxis des moderierten Dialoges eine kritische Perspektive bezüglich der fokussierenden Wirkung des Moderators / Lehrers: Ohne mein Zutun hätte sich die "Autofokus - Diskussion" nicht gezielt in Richtung Ultraschall-Messsystem hin entwickelt. Aus Unwissenheit verfolgte ich Ansätze in Richtung optische Systeme nicht weiter. So erklärte in den Anfängen der Diskussion zu diesem Thema ein Schüler: "Vielleicht funktioniert die Autofokus-Kamera so ähnlich wie unser Auge." Da ich diese Idee nicht aufgriff, versickerte dieser Ansatz wieder. Hier wird der Einfluss des Lehrers deutlich; dies widerspricht der Behauptung, dass beim moderierten Dialog der Schüler "alles selbst herausfinden muss und auf sich allein gestellt ist."