Education and Culture
Lifelong learning programme
COMENIUS

Hintergrund

Die Optik im Anfangsunterricht Physik widmet sich zunächst häufig dem Strahlenmodell. Dabei werden Lichtstrahlengänge nachvollzogen und vorhergesagt. Dazu bedient man sich den zuvor beobachteten Phänomenen der Lichtreflexion und der Lichtbrechung.
Hat man zur Vorhersage der Strahlengänge bei Reflexion noch aufgrund der Erkenntnis „Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel" keine Schwierigkeiten im Unterricht, so stellt die Lichtbrechung ein Problem dar: Wenn man sie nicht lediglich nachvollziehen möchte, benötigt man zumindest die Kenntnis des Sinus, um die Strahlengänge bei der Brechung mithilfe der Gleichung $\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = n_2 / n_1$ und vorgegebener Brechzahlen n_1 und n_2 vorherzubestimmen. Doch selbst wenn diese Gleichung eingeführt wird bleibt ein „fader Beigeschmack", da nun zwei Phänomene, die beide aus demselben physikalischen Prinzip – dem Prinzip von Fermat - hervorgehen, ohne jede Verknüpfung zueinander unterrichtet wurde.

Das Prinzip von Fermat im Unterricht

Zunächst einmal klingt es sehr einfach: Ein Lichtstrahl läuft zwischen zwei Punkten immer so, dass er dazu möglichst wenig Zeit braucht (nach Vogel, S.174). Dieses Prinzip ändert sich auch nicht, wenn man an den Lichtstrahl die Bedingung stellt, einen Umweg über einen Spiegel einzuschlagen: „Der reflektierte Lichtstrahl folgt dem kürzesten Weg, der über den Spiegel von A nach B führt" (ebd. S.173).
Wenn das Medium und somit die Geschwindigkeit für die Lichtausbreitung auf dem Weg von A nach B gewechselt wird, wie es beim Phänomen der Lichtbrechung der Fall ist, so ist der zeitlich kürzeste Weg zwischen zwei Punkten A und B ist nun nicht mehr die geometrisch kürzeste Verbindung. Beim Versuch diesen zeitlich kürzesten Weg zu berechnen, stößt man auf ein Minimierungsproblem mit einer Zielfunktion, die aus einer Summe zweier Wurzelterme besteht. Im Physikunterricht mit 13-15jährigen Schülerinnen und Schülern kann man nicht davon ausgehen, dass ihnen die mathematischen Mittel zur analytischen Auswertung für ein solches Minimierungsproblem zur Verfügung stehen. Spätestens wenn sie die Zielfunktion aufgestellt haben, werden sie also an der Berechnung der Lösung scheitern. Deshalb muss als Alternative zur Differenzialrechnung die Lösung des Minimierungsproblems anhand des Graphen der zugehörigen Funktion durchgeführt werden. Um dies nicht zu sehr von den zeichnerischen Fähigkeiten der Schüler einerseits und vom zeitlichen Limit im Unterricht andererseits (es würde eine punktweise Berechnung der Zielfunktionswerte benötigt) abhängig zu machen, bietet es sich an, auf elektronische Funktionsplotter (PC, Grafikfähiger Taschenrechner) zurückzugreifen. So können auch Lösungen bei den Schülern unbekannten Funktionsklassen gefunden werden.

Macht es überhaupt Sinn, die Schülerinnen und Schüler mithilfe von CAS oder GTR Funktionen untersuchen zu lassen, die sie eigenständig nicht untersuchen könnten?

Um diese Frage beantworten zu können, muss man sich daran erinnern, dass Funktionen nicht nur durch Terme darstellbar sind, sondern auch beispielsweise durch Situationen, Tabellen und Graphen (vgl. Beckmann, Leuders & Prediger, u.v.m.). Auch ein Schaubild ist eine Funktionsdarstellung. Richtig ist zwar, dass die Schülerinnen und Schüler die Funktion nicht anhand ihres Termes untersuchen könnten. Sie könnten jedoch den Term zum Beispiel mithilfe einer Wertetabelle in ein Schaubild übersetzen, so wie es der Rechner eben automatisch macht, und dann die Funktion anhand ihrer Darstellungsform „Graph" auf ihren Tiefpunkt hin untersuchen. Auf diesem „Fußweg" würde man natürlich eine Zeichen- und Ableseungenauigkeit in Kauf nehmen müssen, die man bei der Auswertung mithilfe eines Rechners nicht hätte (außer einer kleinen Rechenungenauigkeit bei der Rechner-internen Näherung des Tiefpunktes). In diesem Sinne könnte der Schüler also sehr wohl die Funktion selbst untersuchen, der Rechner hilft ihm lediglich, die Fehlerquellen zu verkleinern. Im Gegenteil ist es sogar sinnvoll, die Schülerinnen und Schüler auch im Unterricht mit Funktionstermen zu konfrontieren, die sie ohne Rechnereinsatz nicht rechnerisch auswerten könnten. Das Pädagogische Zentrum Rheinland-Pfalz stellte dazu fest, dass die Schülerfähigkeiten im Umgang mit Funktionen sehr einseitig sind. Diese Einseitigkeit wird dabei einerseits der „Dominanz der Darstellung von Funktionen durch algebraische Terme" zugeschrieben. Aus dieser Dominanz wird eine „drastische Beschränkung der betrachteten funktionalen Abhängigkeiten" beobachtet, z.B. indem fast ausschließlich Funktionen aus der klassischen Mittelstufen-Klassifizierung verwendet werden (lineare, quadratische, ... Funktionen). Andererseits wird eine „Überbetonung innermathematischer, statischer und formal abstrakter Betrachtungsweisen" als Ursache beobachtet (vgl. PZ 1990, S.9). Um die Einseitigkeit der Schulung des funktionalen Denkens zu durchbrechen, kann es deshalb auch Sinn machen, das ein oder andere Mal den oben erwähnten Fußweg einzuschlagen, bevor man den genaueren und schnelleren Weg mit den technischen Hilfsmitteln betritt.

Dieses Projekt wurde mit Unterstützung der Europäischen Kommission finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung (Mitteilung) trägt allein der Verfasser; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.