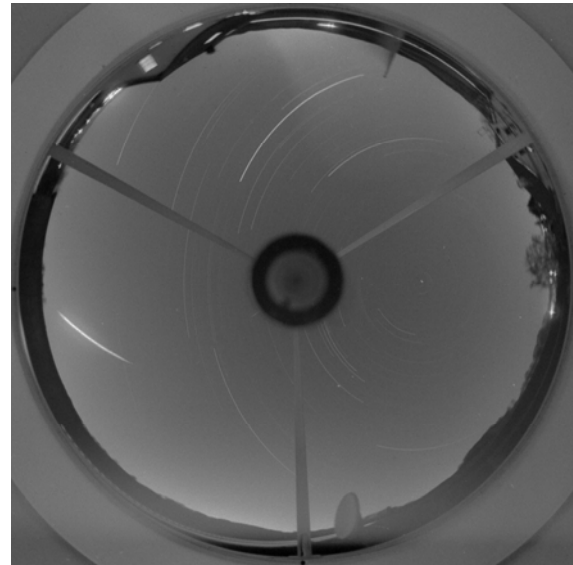


Auswertung von Feuerkugel-Aufnahmen Vom Foto zum Meteoritenfund

Sophia Haude

Dieses Unterrichtsmaterial demonstriert eine Rechenmethode, die es ermöglicht, durch Vermessen einer Feuerkugelaufnahme (Bild unten rechts) den Aufschlagpunkt des Meteoroiden zu ermitteln, der die Leuchterscheinung hervorgerufen hat. Der Rechenweg wird am Beispiel des berühmten Meteoritenfalls „Neuschwanstein“ aus dem Jahr 2002 gezeigt. Das Material hat den großen Vorteil, dass die komplette Rechnung dargestellt wird, was das Verständnis erleichtert und zur Nachahmung ermutigt.

Hervorragend geeignet sind die Rechnungen für Mathe-Leistungskurse, weil die Aufgaben auf den grundlegenden Themen Vektorrechnung und Funktionsanalyse aufbauen und sehr stark das geometrische Verständnis fördern. Auch für Astronomie-AGs sind die Aufgaben natürlich ideal – nicht nur weil das Thema ein astronomisches ist, sondern auch, weil die astronomischen Koordinatensysteme eine so große Rolle spielen. Die physikalischen Bezüge sind in der Rechnung selbst kaum enthalten, sind aber thematisch damit verknüpft: Bevor ein Meteoroid in die Erdatmosphäre eintreten kann, befindet er sich auf einer Keplerbahn um die Sonne. Diese lässt sich durch Eintrittswinkel und -geschwindigkeit rekonstruieren – ein weiteres sehr spannendes Thema, das hier aber nicht behandelt wird.



Weil man für die Rekonstruktion einer Flugbahn die Daten mindestens zweier Kameras braucht, lässt sich die Rechnung gut auf zwei Schülergruppen aufteilen, die ihre Ergebnisse am Ende zusammentragen. Das macht das Projekt auch zu einer kooperativen Aufgabe!

Die Aufgabenstellung bezieht sich deshalb auf die Beispiele der Kameras in [Streithelm](#) und in [Tuifstädt](#). Auch die Lösungen liegen für [Streithelm](#) und [Tuifstädt](#) vor. Zum besseren Verständnis empfiehlt es sich, vor dem Bearbeiten der Aufgaben den zugehörigen Beitrag in der [SuW 07/2009](#) zu lesen. Der für die Aufgaben wesentliche Bestandteil dieses Artikels ist aber auch in der Einleitung der Aufgaben knapp dargestellt.

Sollte Interesse an einer selbstgebauten Feuerkugel-Kamera bestehen, enthält der WiS!-Beitrag auch noch eine [exemplarische Konstruktionsbeschreibung](#).

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag (SuW)		
Astronomie	Positionsastronomie, Astropraxis	Meteoroidenbahnen, Horizontsystem, Äquatorsystem, Feuerkugelaufnahmen
Verknüpfungen	Astro-Ma	Quadratische Funktionen, Ableitungen, Trigonometrie (eben und sphärisch), Kegelschnitte, Vektorrechnung
Lehre allgemein	Kompetenzen	Räumliche Vorstellung; Kooperation

Weitere Informationen für die LehrerInnen

Die insgesamt vier Aufgaben bauen aufeinander auf:

In der **ersten Aufgabe** ist geometrisch herzuleiten, wie man aus einem Punkt auf dem Foto Azimut und Zenitdistanz ermittelt.

Weil das azimutale System ortsabhängig ist, werden die beiden Koordinaten in der **zweiten Aufgabe** in das äquatoriale System transformiert. Dafür werden Begriffe wie Deklination, Rektaszension, Stundenwinkel und Sternzeit eingeführt.

In der **dritten Aufgabe** wird ein vektorielles Koordinatensystem konstruiert, das es ermöglicht, Punkte auf der Erdoberfläche als Ortsvektor und Koordinaten am Himmel als Richtungsvektoren darzustellen.

Innerhalb dieses Systems werden dann in der **vierten Aufgabe** die Ebenen konstruiert und geschnitten und aus der Schnittlinie wiederum der Aufschlagpunkt ermittelt.

Zum allgemeinen Verständnis bietet es sich strukturbedingt also an, alle Aufgaben zu rechnen. Sie lassen sich aber natürlich auch einzeln isolieren, indem die Ergebnisse der vorigen Aufgaben aus den Lösungen herausgeschrieben und vorgegeben werden.

Insbesondere die Aufgabe 2 kann man aus mehreren Gründen auch weglassen: Da es nur darum geht, aus horizontalen Koordinaten äquatoriale zu machen, kann man letztere einfach angeben, ohne große Verständnisprobleme hervorzurufen. Es sollte dann nur kurz erklärt werden, dass die horizontalen Koordinaten, weil sie ortsabhängig sind, in ortsunabhängige Koordinaten transformiert werden, die sich auf ein System beziehen, das sich durch Projektion des Äquators und der Pole an den Himmel ergibt.

Außerdem ist diese Aufgabe auch die einzige, die in den meisten Fällen in einem Mathe-Leistungskurs einer zusätzlichen vom Lehrplan abweichenden Unterrichtseinheit bedarf – nämlich zum Thema „Sphärische Trigonometrie“. Andererseits kann eine kurze Einführung in dieses Thema auch in einer einzigen Unterrichtsstunde gut geschafft werden, und es schult das räumliche Vorstellungsvermögen immens.

Wie oben schon erwähnt, können die Aufgaben bis auf die letzten Teilaufgaben in zwei Versionen gerechnet werden, nämlich von zwei verschiedenen Fotos desselben Ereignisses ausgehend. Es empfiehlt sich also eine Aufteilung der Schüler in zwei Teilgruppen, die ihre Ergebnisse kurz vor dem Ende zusammenführen. Natürlich kann man das auch in Kooperation zweier Kurse machen.

Das Unterrichtsmaterial lässt sich im Übrigen sehr gut in Kombination mit Referaten behandeln. Einige Beispiele hierfür sind:

- „Einführung in die Meteorbeobachtung“ – Ein solches Referat könnte sich zum Beispiel auf den zum Material gehörenden SuW-Beitrag beziehen.
- „Einführung in die astronomischen Koordinatensysteme“ – Dieses Referat sollte das Azimut-System, das lokale und das globale Äquatorsystem und die zugehörigen Begriffe Azimut, Zenit(-distanz), Rektaszension, Deklination, (lokale) Sternzeit, Stundenwinkel und Frühlingspunkt enthalten. Es lässt sich auch gut zweiteilen.
- „Einführung in die Sphärische Trigonometrie“ mit Herleitung des Seiten-Kosinus-Satzes.

Alternativ zu den Referaten ist der zugehörige SuW-Artikel (07/2009) für alle sehr zu empfehlen, um einen besseren Einblick in das Thema zu erhalten.

Die Koordinatensysteme sind in der Aufgabenstellung soweit erklärt, dass sie ein grobes Verständnis erzielen und dass es den Umgang mit ihnen ermöglicht. Eine weitere Einführung schadet hier keinesfalls.

Eine Einführung in die sphärische Trigonometrie halte ich für nicht notwendig; für die Aufgabe (2) reicht es, den Seiten-Kosinus-Satz anzugeben und zu erwähnen, dass man ihn auf ein sphärisches Dreieck, wie in der Aufgabe abgebildet, anwenden kann. Interessant ist diese Materie aber auf jeden Fall!

Eine fast notwendige Voraussetzung zur Bearbeitung der Aufgaben ist ein Taschenrechner oder ein Programm, mit der Fähigkeit, einige Zahlen speichern und Gleichungssysteme mit zwei Gleichungen und drei Unbekannten lösen zu können. Es entstehen sonst Rundungsfehler, auf die einige der Gleichungen in den Aufgaben sehr sensibel reagieren (z.B. bei Werten, die nah bei 0 oder 1 liegen und durch trigonometrische Funktionen bearbeitet werden). Es ist wegen der nicht ganzen Zahlen anstrengend, die Gleichungssysteme ohne Taschenrechner oder anderes Rechenprogramm zu lösen.

Für die Behandlung aller Aufgaben sollte man mindestens fünf Unterrichtsstunden einplanen – mit längeren Einführungen, zum Beispiel durch Referate, wird man noch deutlich mehr Zeit benötigen. Es lohnt sich aber auf jeden Fall, weil die Schüler am Ende der Arbeit eine komplette Auswertungsmethode zur Auffindung von Meteoriten hergeleitet und nachvollzogen haben werden, mit der man, wie man an dem Endergebnis sieht, trotz der schlechten Bedingungen, die der Beispielsfall mit sich brachte, erfolgreiche problemlösende Wissenschaft betreiben kann!