

Blindengerechte Zugänge zur Astronomie

- Unter besonderer Berücksichtigung von Beobachtungen des Sonnenstandes im Tages- und Jahresverlauf -

Simon F. Kraus

Universität Siegen, Didaktik der Physik, Adolf-Reichwein-Straße, 57068 Siegen
kraus@physik.uni-siegen.de

Kurzfassung

Der Beitrag zeigt einige Zugänge, um astronomische Inhalte einer Zielgruppe von blinden oder sehbehinderten Lernenden zu vermitteln. Dabei soll der Fokus insbesondere auch auf Wahrnehmungskanälen liegen, die den Tastsinn ergänzen können. Inhaltlich reicht das zu erschließende Spektrum von grundlegenden astrophysikalischen Zusammenhängen in Form von tastbaren Hauptreihensternen, bis hin zur Unterscheidung von scheinbaren und wahren Anordnungen von Himmelskörpern im Raum. Weiterhin sind die Sonnenflecken als bekannte Erscheinung der Sonnenaktivität in einem Modell umgesetzt. Zuletzt wird ein Instrument vorgestellt, welches einfache astronomische Beobachtungen zur scheinbaren Bewegung der Sonne – auch für vollständig erblindete Personen – ermöglicht.

1. Einleitung

Mit der Forderung nach Integration behinderter Schülerinnen und Schüler stellt sich die Frage nach angemessenen Umsetzungsformen naturwissenschaftlicher Inhalte im Schulunterricht. Dies betrifft selbstverständlich nicht nur den klassischen Physikunterricht, sondern auch den Bereich der Astronomie.

Hier stellt sich die Frage, wie sich optische Phänomene, die nun einmal die wesentliche Grundlage der astronomischen Beobachtung darstellen, an blinde Lernende vermitteln lassen.

In einem zweiten Schritt lässt sich die Frage formulieren, auf welchen Wegen auch blinden Lernenden astronomische Beobachtungen und Messungen ermöglicht werden können.

Eine dritte Frage führt zu den Lernenden in Ihrer Gesamtheit: Lassen sich die gewonnen blinden- und sehbehindertenspezifischen Zugänge zur Astronomie auch gewinnbringend für Schülerinnen und Schüler einsetzen, die keine Einschränkungen der visuellen Wahrnehmung aufweisen?

Diese dritte Frage zielt insbesondere auf die Nutzung verschiedener „Wahrnehmungskanäle“ ab, die zur Vermittlung der astronomischen Inhalte herangezogen werden können. Bekanntlich forderte schon Comenius „mit allen Sinnen zu lernen“.

Nachfolgend werden drei Modelle zu verschiedenen astronomischen bzw. astrophysikalischen Themenbereichen vorgestellt. Daran anschließend wird ein Beobachtungsinstrument präsentiert, welches Sehbehinderten einfache astronomische Beobachtungen ermöglicht.

2. Modell I: Astrophysikalische Grundlagen

2.1. Das Hertzsprung-Russell-Diagramm

Das erste Modell bezieht sich auf einen wichtigen Zusammenhang in der Astrophysik, der auch eine starke Verankerung in den astronomischen Lehrplänen aufweist: Der Zusammenhang zwischen der Leuchtkraft und der Temperatur der Sterne.

Untersucht man eine genügend große Population von Sternen auf ihre Oberflächentemperatur und ihre Leuchtkraft, kann man aus gewonnenen Daten das sogenannte Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) erstellen. Dieses zeigt bekanntlich eine markante Struktur, die diagonal über die Diagrammfläche verläuft: Die Hauptreihe. Offenbar existiert für Hauptreihensterne also ein markanter Zusammenhang zwischen der Leuchtkraft und der Temperatur. Ein leuchtkräftiger Stern ist gleichzeitig heißer als ein weniger leuchtkräftiger. Da für die Hauptreihensterne aber auch ein eindeutiger Zusammenhang



Abb. 1: Modell zum Hertzsprung-Russell-Diagramm

zwischen Leuchtkraft und Radius besteht, lässt sich ebenso formulieren, dass für Hauptreihensterne deren Größe mit ihrer Oberflächentemperatur korreliert: Ein heißer Stern muss gleichzeitig ein großer Stern sein – und umgekehrt.

Wichtig ist es hierbei zu beachten, dass der genannte Zusammenhang ausschließlich für die Sterne der Hauptreihe gilt. Sowohl für das Häufungsgebiet der Riesensterne als auch das der weißen Zwerge gilt diese Abhängigkeit nicht.

2.2. Modellhafte Umsetzung

Zur Umsetzung des Zusammenhangs zwischen Größe und Temperatur wurde ein Modell entwickelt, welches aus drei unterschiedlich großen Metallkugeln besteht. Durch das Tasten wird deren Größe und Temperatur ermittelt. Die Temperatur der kleinsten Kugel entspricht der Umgebungstemperatur, während die beiden größeren unterschiedlich stark erwärmt werden.

Dem Betrachter verborgen bleibt die zugrundeliegende Technik. Die Kugeln werden von Wasser durchströmt, welches vorher in zwei Behältern mittels Tauchsiedern erwärmt wurde. Pumpen sorgen für eine entsprechende Umwälzung. Der hohe technische Aufwand ist notwendig, um für eine gleichmäßige Temperaturverteilung an der Oberfläche der Kugeln und eine konstante Temperatur über längere Zeiträume zu sorgen.



Abb. 3: Tastbare Darstellung zum Hertzsprung-Russell-Diagramm

Jedes Modell wird von zusätzlichem Lernmaterial flankiert um eine vertiefte Behandlung des jeweiligen Themas im Unterricht zu ermöglichen. Dies kann u.a. tastbare Darstellungen umfassen, wie sie für das HRD in **Abb. 3** dargestellt ist.

3. Modell II: Orientierung im Raum

Die Orientierung am Himmelszelt geschieht anhand von auffälligen Sternmustern, die zunächst vollkommen willkürlich festgelegt wurden: Den Sternbildern. Diese leisten jedoch bei der Orientierung eine sinnvolle Hilfe. Die Zugehörigkeit mehrerer Sterne zu einem Sternbild sagt jedoch nichts über

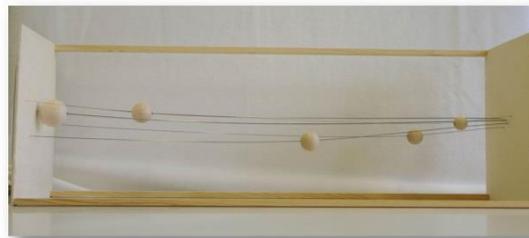


Abb. 2: Die fünf Hauptsterne des Sternbildes Kassiopeia in ihrer räumlichen Verteilung, der Beobachter befindet sich rechts

die tatsächliche Lage der Sterne zueinander, insbesondere auch nichts über ihre Verteilung im Raum aus.

Als Beispiel bietet sich das Sternbild Kassiopeia an, welches uns markant am nächtlichen Sternhimmel in Form des Buchstabens „W“ erscheint. Seine fünf Hauptsterne weisen eine annähernd gleiche scheinbare Helligkeit auf. Will man nun die tatsächliche Lage der Sterne, sowie ihre absolute Helligkeit untersuchen, muss man sich in die Perspektive eines äußeren Beobachters begeben. **Abb. 2** zeigt, wie ein solcher Perspektivenwechsel, der typisch für die Astronomie ist, für Blinde umgesetzt werden kann. Es zeigt sich, dass die Sterne keineswegs nahe beieinander liegen, wie man vielleicht vermuten könnte. Vielmehr stellt das Modell eine Entfernung von 550 Lichtjahren zwischen dem Beobachter (im Bild rechts) und dem entferntesten der fünf Sterne dar. Die übrigen Modellsterne verteilen sich relativ gleichförmig über diese Entfernung.

Auch die Helligkeit der Sterne – hier durch den Durchmesser der Holzkugeln symbolisiert - unterscheidet sich deutlich voneinander. Zu bemerken ist, dass bei der Darstellung der Helligkeit auf quantitative korrekte Vergleiche zugunsten der besseren Darstellbarkeit verzichtet wurde.

Auch dieses Modell wird von zusätzlichem Material in Form einer tastbaren Darstellung begleitet. Diese zeigt beispielhaft die Größe zweier Sterne der Kassiopeia im Vergleich zur Sonne. An dieser Stelle ist für die Lernenden die Grenze des Modells – nämlich die Darstellung der Leuchtkraft durch den Kugeldurchmesser bei gleichzeitigem Verzicht auf die Darstellung der Größenverhältnisse – deutlich zu betonen. Darüber hinaus bietet sich auch eine Erweiterung des Blickes auf andere Sternklassen an, da es sich bei allen fünf Hauptsternen des Sternbildes nicht um Hauptreihensterne, sondern um Unterriesen oder Riesensterne handelt, die sehr unterschiedliche Sternradien aufweisen.

Auch der oftmals anzutreffende Glaube an die Unveränderlichkeit des Himmelsanblickes lässt sich am Sternbild der Kassiopeia entkräften. So zeigt γ -Cassiopeia innerhalb weniger Jahrzehnte deutliche Helligkeitsschwankungen von 1,8 mag.

4. Modell III: Ein bekanntes Himmelsphänomen

Im dritten vorzustellenden Modell soll ein bekanntes Himmelsphänomen dargestellt werden: Die Sonnenflecken. Ihre Entstehung liegt in starken Magnetfeldern begründet, die die Konvektion in den oberen Schichten der Sonnenatmosphäre unterbinden und so zu einem Abfall der Temperatur im Vergleich zur ungestörten Photosphäre bewirken. Erkennbar wird der Temperaturabfall für den Beobachter durch die dunklere Färbung der betroffenen Bereiche.

Auch in diesem Modell soll das Wärmeempfinden zur Vermittlung angesprochen werden. Mit Hilfe von Peltierelementen, die auf die Innenseite eines Globus geklebt werden, lässt sich der Temperaturabfall darstellen. Um einen ausreichenden Kühlungseffekt auch bei ungünstigen Umgebungsbedingungen zu erreichen, sind im Inneren des Globus zusätzlich Ventilatoren vorhanden, die die Wirkung der Kühlkörper auf den Peltierelementen verstärken.

Das Modell erlaubt zunächst die Untersuchung der Oberfläche der Modellsonne mit den Händen. Die Sonnenflecken sollen anhand des Temperaturabfalls beim Abtasten aufgefunden werden. Nach der Bestimmung der Anzahl kann der Vergleich mit einer idealtypischen Anordnung vorgenommen werden. Es zeigt sich, dass die Peltierelemente analog zu bipolaren Fleckengruppen angeordnet sind.

In einem zweiten Schritt kann nun ein einfaches Hilfsmittel zur weiteren Erkundung des Modells zu Hilfe genommen werden. Die Peltierelemente wurden zusätzlich mit starken Magneten versehen (siehe **Abb. 5**). So lässt sich auf die Ursache des Phänomens schließen und gleichzeitig die entgegengesetzte Polarisierung innerhalb der einzelnen Fleckengruppen mit Probemagneten feststellen.

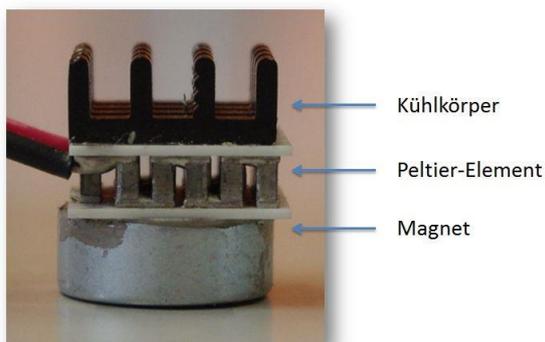


Abb. 5: Peltierelement mit Kühlkörper und Magnet

5. Ein astronomisches Beobachtungsinstrument

5.1. Ziele

Die Astronomie erlaubt Beobachtungen grundsätzlich ohne weitere Hilfsmittel, wie etwa Teleskope, da viele Phänomene bereits freiaugig zu sehen sind. Einschränkungen des Sehsinnes müssen jedoch durch Hilfsmittel kompensiert werden. Das Ziel ist



Abb. 4: Der Winkelmesser im Überblick

es, ein Instrument zu konstruieren, welches durch eine blinde oder sehbehinderte Person eigenständig zu bedienen ist.

Es soll ein alltägliches Phänomen untersucht werden, dessen Auswirkungen auf unseren Alltag dennoch beträchtlich sind und von dem weiterhin angenommen werden kann, dass es auch einer von Geburt an blinden Person bekannt ist: Der Sonnenstand im täglichen und jährlichen Verlauf.

Dazu soll die Position der Sonne durch Messung von Azimut und Höhe bestimmt werden.

5.2. Das Instrument im Überblick

Die Umsetzung basiert im Wesentlichen auf der Messung von Helligkeiten mittels Fotowiderständen. Jeweils zwei Widerstände sind dabei durch einen Schattenwerfer getrennt. Fällt nun das Sonnenlicht senkrecht ein, so ist der Widerstandswert beider Fotowiderstände gleich groß. Eine unterschiedliche Bestrahlung wird in eine Spannungsdifferenz und anschließend in eine Tonausgabe umgesetzt. Die Tonhöhe entspricht dabei der Differenz der Widerstandswerte.

Die Ermittlung der Helligkeit geschieht getrennt für die Azimut- und Höhenachse.

Abb. 4 zeigt das Instrument. Zu sehen ist der Zeiger mit den Fotowiderständen, die tastbaren Skalen sowie die Bedienelemente auf der Oberseite. Alle

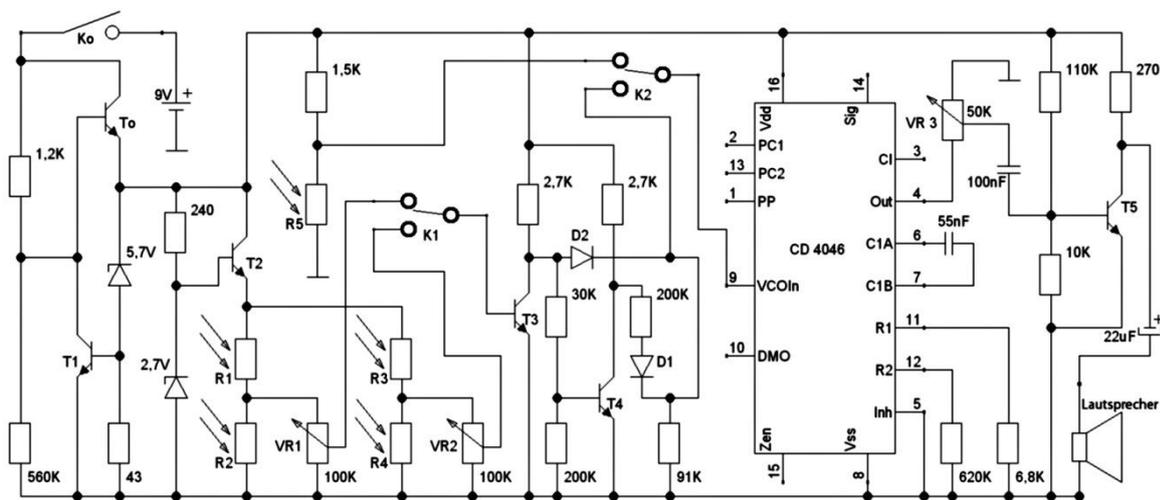


Abb. 6: Schaltplan

Bedienelemente sind mit Beschriftungen in Blindenschrift versehen, um das Ziel der selbstständigen Bedienbarkeit zu verwirklichen. Die weitere Technik in Form der Platine ist in der Basis des Instrumentes verborgen.

Wichtig sind ein ruhiger Lauf beim Ausrichten des Instrumentes und gleichzeitig eine ausreichende mechanische Qualität. Gleichzeitig sollte das Instrument leicht bleiben und sich preiswert und mit geringem Aufwand nachbauen lassen. Die Holzkonstruktion, deren einzelne Teile mittels einer Art von Quetschkupplung zusammengehalten werden, erfüllt diese Anforderungen.

Für die praktische Anwendung ist weiterhin darauf zu achten, dass die Fotowiderstände während der Ausrichtung nicht vom Beobachter verdeckt oder abgeschattet werden. Sie müssen daher relativ weit außen am Instrument angebracht sein. Dieser Bedingung wurde durch Montage der Fotowiderstände an der Spitze des „Zeigers“ Rechnung getragen.

Der Durchmesser der Basis beträgt 20 cm, der Halbkreis zur Höhenmessung hat damit einen Radius von 10 cm.

5.3. Auswertung der Messungen

Die optimale Ausrichtung des Instrumentes auf die Sonne ist dann erreicht, wenn die Tonhöhe minimal wird. Diese Ausrichtung muss jedoch nicht immer der Position der Sonne am Himmel entsprechen - man denke etwa an unterschiedliche Witterungsbedingungen, bei denen die Sonne selbst durch Wolken verdeckt sein kann und die Reflexion des Sonnenlichtes an einer Wolke eine vergleichsweise hohe Helligkeit erreichen kann. Daher ist zusätzlich die Messung der absoluten Helligkeit erforderlich. Dies geschieht durch einen fünften Fotowiderstand. Entspricht die ausgegebene Tonhöhe 50 Hz (Vergleich mit einem Tongenerator), kann davon ausgegangen

werden, dass tatsächlich die Position der Sonne gefunden wurde.

Die Skalierung wurde im Abstand von 5° , sowohl in Azimut als auch für die Höhe, angebracht. Damit stellt sie einen Kompromiss zwischen der Größe des Instrumentes und den Grenzen der tastenden Ablesegenauigkeit dar. Leicht ließe sich die Genauigkeit durch eine Vergrößerung des Instrumentes erhöhen - man denke etwa an Mauerquadranten und ähnliche Instrumente - jedoch zu Lasten der Portabilität und der Übersichtlichkeit des Gerätes. Die Skalierung selbst wurde mit einem einfachen Tiefziehverfahren hergestellt und ist mit Winkelangaben in Blindenschrift versehen.

5.4. Technische Umsetzung

Abb. 6 zeigt den zugrundeliegenden Schaltplan. Im linken Bereich findet die Bereitstellung der Versorgungsspannungen statt. Die Fotowiderstände R_1 bis R_4 sind für die Positionierung verantwortlich, R_5 misst die absolute Helligkeit. Die Potentiometer VR_1 und VR_2 werden zur Kompensation von Fertigungstoleranzen der Fotowiderstände genutzt, die auch bei gleichmäßiger Beleuchtung unterschiedliche Widerstandswerte aufweisen können. Das Instrument muss daher anhand einer entfernten Lichtquelle kalibriert werden. Die Potentiometer sind dabei von der Unterseite der Basis mit einem Schraubenzieher zu erreichen.

Der Schalter K_1 wechselt zwischen Azimut und Höhe, K_2 zwischen Helligkeit und Richtungsmessung. Der Bereich um die Transistoren T_3 und T_4 verstärkt die Spannungsdifferenzen bevor das Signal dem IC zugeleitet wird. Rechts des ICs befindet sich der Verstärker des Lautsprechers.

Wesentlich für die Bedienung ist die Ausgabe von verschieden hohen Tönen, je nachdem welcher Widerstand einer größeren Strahlungsintensität ausgesetzt ist. So wird einem ziellosen Absuchen des

Himmels vorgebeugt und stattdessen eine systematische Suche ermöglicht.

5.5. Ergebnisse

Zur Beurteilung der Qualität der Messwerte wurden die Messwerte zunächst nicht tastend, sondern visuell auf den Skalen abgelesen. Ein Blinder wird diese Ablesegenauigkeit nicht vollständig erreichen, da ihm die Fähigkeit zur visuellen Interpolation zwischen zwei Skalenstrichen fehlt. Die Referenzwerte wurden mittels der Planetariums-Software „Stellarium“ gewonnen. Es zeigen sich Abweichungen, die im Mittel deutlich unterhalb der Auflösung der Skala von 5° liegen (siehe **Tab. 1**). Die Messwerte wurden dabei aus einem Gebäude heraus aufgenommen.

Durch Aufstellen auf einem Tisch wurde dabei ein ebener Untergrund sichergestellt. Problematisch ist

bislang die Ermittlung der Nord-Süd-Richtung mittels des Kompasses. Die Abweichungen durch magnetisches Material in der Umgebung machten eine Ausrichtung des Instrumentes anhand des Gebäudes erforderlich, dessen Fensterfront (mit ausreichender Genauigkeit) in West-Ost-Richtung verläuft.

6. Literatur

- [1] Kraus, Simon F. (2012): Hauptreihensterne als tastbares Modell für Blinde. In: *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht*, 49 (2012) 6, S. 33-35.

		Messwerte		Referenzwerte	
Datum	Uhrzeit	Azimut	Höhe	Azimut	Höhe
09.11.12	10:35	335°	22,5°	335°	18°
12.11.12	12:05	359°	23,5°	358°	21°
12.11.12	14:48	32,5°	17,5°	38,5°	17°
12.11.12	15:05	41°	13°	41°	11,5°
12.11.12	16:30	59°	3°	59°	1°
13.11.12	09:06	314°	8°	315°	9,85°

Tab. 1: Mess- und Referenzwerte zur Beurteilung der Genauigkeit bei der Positionsermittlung der Sonne