

Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?

In Bezug zu „Ein Exoplanet als Grenzgänger“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 09/2023, Rubrik „Blick in die Forschung: Nachrichten“ Zielgruppe: Mittelstufe, WIS-ID: 1571222

Christian Wolff

Ein Brauner Zwerg ist ein astronomisches Objekt, welches eine Art Übergangsstufe zwischen Planeten und Sternen darstellt. Braune Zwerge werden oftmals auch als "gescheiterte Sterne" bezeichnet, da sie nicht genügend Masse besitzen, um die notwendigen Temperaturen und Drücke für die Fusion von Wasserstoffkernen zu erreichen, die für die Energieerzeugung in normalen Sternen erforderlich sind. Ihre typische Masse liegt bei etwa 13 bis 80 Jupitermassen.

Obwohl sie keine Kernfusion dauerhaft betreiben können, geben sie immer noch eine gewisse Wärme und Strahlung ab, die von ihrer anfänglichen Kontraktion und vom radioaktivem Zerfall herrührt. Dies macht sie im Infrarotbereich beobachtbar.

Der Begriff "Brauner Zwerg" wurde erstmals in den 1960er Jahren geprägt, obwohl sie erst in den 1990er Jahren als eigenständige Klasse von Himmelskörpern anerkannt wurden.

Braune Zwerge sind interessante Objekte, da sie uns dabei helfen können, die Grenzen zwischen Planeten und Sternen besser zu verstehen. Zudem liefern sie spannende Einblicke in die generelle Entstehung und Entwicklung von Sonnensystemen.

Die vorliegenden Materialien bieten eine **kleine Aufgabensammlung** sowie direkt einsetzbare **Arbeitsblätter** rund um das Thema „Braune Zwerge“.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Physik	Mechanik, Optik, Thermodynamik	Massen von Himmelskörpern Elektromagnetisches Strahlungsspektrum, Nahes Infrarot Temperatur und Spektrum von Himmelskörpern
Astronomie	Sterne, Braune Zwerge, Planeten	Hertzsprung-Russell-Diagramm, erweitertes HRD
Lehre allgemein	Kommunikationskompetenz, Lehrformen, Lernpsychologie, Unterrichtsmittel	Lesekompetenz , Recherche , Diskussion und Reflexion Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit, Plenumsdiskussion, Binnendifferenzierung , Wissensvernetzung, Arbeitsblätter , Lückentexte , Diagramme, Rechenaufgaben

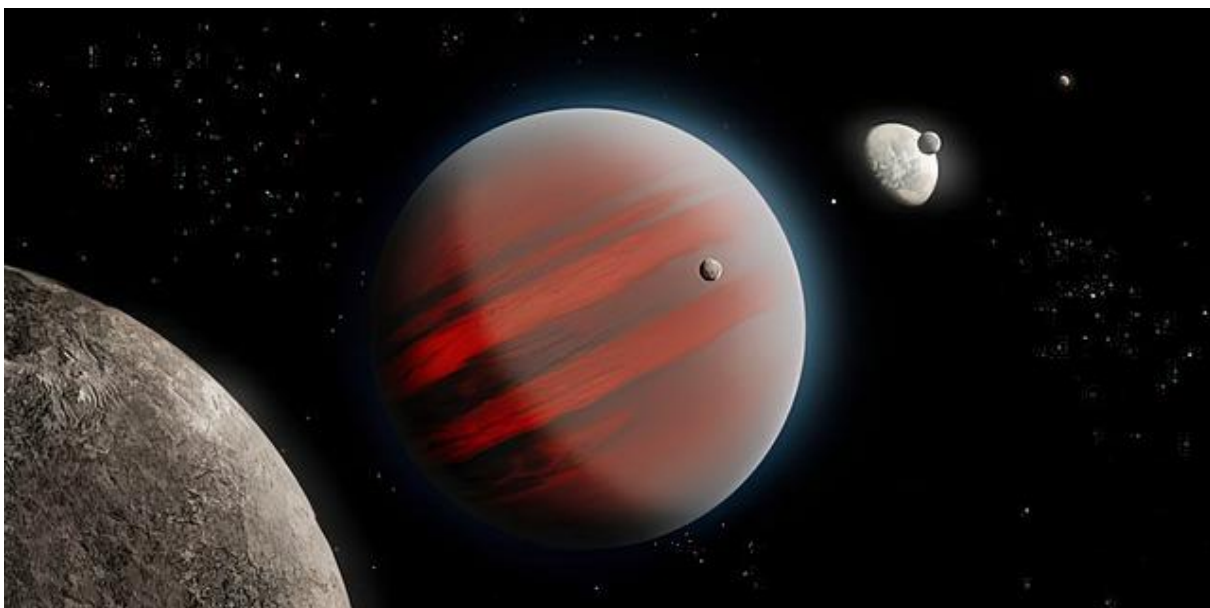


Abbildung 1: Brauner Zwerg (Quelle: Pixabay, lizenzfrei)

Didaktische und methodische Anmerkungen zu den angehängten Arbeitsmaterialien

AB01 & AB02: „Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?“

Die Arbeitsblätter AB01 und AB02 dienen als Einstiegstext in das Thema „Braune Zwerge“ und bestehen jeweils aus einem Sachtext mit dem Titel „Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?“.

Dabei handelt es sich um Material, welches auch im Rahmen der **Binnendifferenzierung** eingesetzt werden kann. Während Arbeitsblatt AB01 neben dem Sachtext drei Fragen zum Inhalt des Textes enthält, stellt Arbeitsblatt AB02 eine Variation des Arbeitsblattes AB01 dar. Der Einstiegstext ist hier als **Lückentext** aufbereitet. Die fehlenden Begriffe werden im unteren Bereich des Arbeitsblattes angeführt. Um den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen, können die Begriffe vor dem Kopieren durch Abkleben unkenntlich gemacht werden.

Beide Arbeitsblätter sind für die Mittelstufe geeignet. Neben inhaltlichen Aspekten schulen die Arbeitsblätter die **Lesekompetenz** der Schülerinnen und Schüler. Die Lösungen zu den Arbeitsblättern sind im Nachgang angehängt.

AB03: „Ein erweitertes Hertzsprung-Russell-Diagramm“

Dieses Unterrichtsmaterial besteht aus einem Aufgabenblatt inkl. Objektdaten und einem separat beigefügten, erweiterten Hertzsprung-Russell-Diagramm. Die Lösungen sind, wie gewohnt, angehängt. Teilweise gibt es keine allgemeingültige Musterlösung. In diesem Fall sind individuelle Schülerlösungen möglich.

Im HRD lassen sich die Objekte den Temperaturen zuordnen, bei denen sie ihr Strahlungsspektrum (Wellenlängenbereich und Menge) abgeben. Diese Aspekte sind geeignet, um das elektromagnetische Strahlungsspektrum thematisch einzuführen bzw. zu wiederholen.

Die Überlappung der Wellenlängenbereiche bei den Spektralklassen M, L, T, und Y zeigt, dass eine Darstellung nur anhand der Wellenlänge in Korrelation zur Leuchtkraft zumindest schwierig ist. Hierzu könnte kurz erwähnt werden, dass die Spektralklassen anhand von Spektrallinien, die effektive Temperatur aber auf Grundlage der spektralen Energieverteilung bestimmt werden.

Als Erweiterung der Thematik könnte u.a. angeführt werden, dass Braune Zwerge u.a. durch die Lithium-Linie bei 670,8 nm nachgewiesen werden können. Lithium fusioniert nämlich bei Objekten, die schwerer als 0,065 Sonnenmassen sind und ist somit spektroskopisch nicht mehr nachweisbar, wenn es als Brennstoff aufgebraucht wurde. Weist man jedoch die Lithium-Linie nach, so weiß man, dass das Objekt leichter als 0,065 Sonnenmassen ist und somit ein Brauner Zwerg sein muss.

INFO: Das Hertzsprung-Russell-Diagramm

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm (kurz: HRD) ist ein wichtiges Instrument in der Astronomie, das die Beziehung zwischen der Leuchtkraft bzw. absoluter Helligkeit und der Spektralklasse bzw. Temperatur von Sternen darstellt. Es wurde von den Astronomen Ejnar Hertzsprung und Henry Norris Russell unabhängig voneinander im frühen 20. Jahrhundert entwickelt.

Das HRD ist eine grafische Darstellung, bei der auf der horizontalen Achse die Spektralklasse oder die Effektive Temperatur (oft farbcodiert) und auf der vertikalen Achse die Leuchtkraft oder die absolute Helligkeit der Sterne dargestellt werden. Die Skala der Leuchtkraft ist logarithmisch, um den großen Unterschied in der Leuchtkraft zwischen verschiedenen Sternen zu berücksichtigen.

Das HRD ermöglicht es Astronomen, verschiedene Kategorien von Sternen zu identifizieren und ihre Eigenschaften zu vergleichen. So können Sterne je nach ihrer Entwicklung und Lebensdauer in unterschiedliche Regionen des Diagramms ihren Zustandspunkt haben. Hauptreihensterne, wie unsere Sonne, befinden sich entlang eines diagonalen Bandes im Diagramm. Rote Riesensterne befinden sich in der oberen rechten Ecke, während weiße Zwerge, die das Endstadium für Sterne mit geringer Masse darstellen, in der unteren linken Ecke zu finden sind.

Das HRD ist ein äußerst wertvolles Werkzeug, um die Entwicklung und den Lebenszyklus von Sternen zu verstehen und ihre Eigenschaften wie Masse, Alter und chemische Zusammensetzung zu analysieren. Es hat dazu beigetragen, viele grundlegende Konzepte der Astrophysik zu klären und ist immer noch ein unverzichtbares Instrument in der modernen astronomischen Forschung.

Im Folgenden wurde das gängige Hertzsprung-Russell-Diagramm auf der horizontalen Achse nach rechts hin erweitert, um Braune Zwerge der Spektralklassen L, T und Y sowie Gasplaneten wie Jupiter zu integrieren. Ergänzt wurde das HRD zudem um die Angabe der Wellenlängenbereiche, was insbesondere bei Braunen Zwergen von Bedeutung sein kann, weil ersichtlich wird, dass diese vor allem im **infraroten Wellenlängenbereich** abstrahlen.

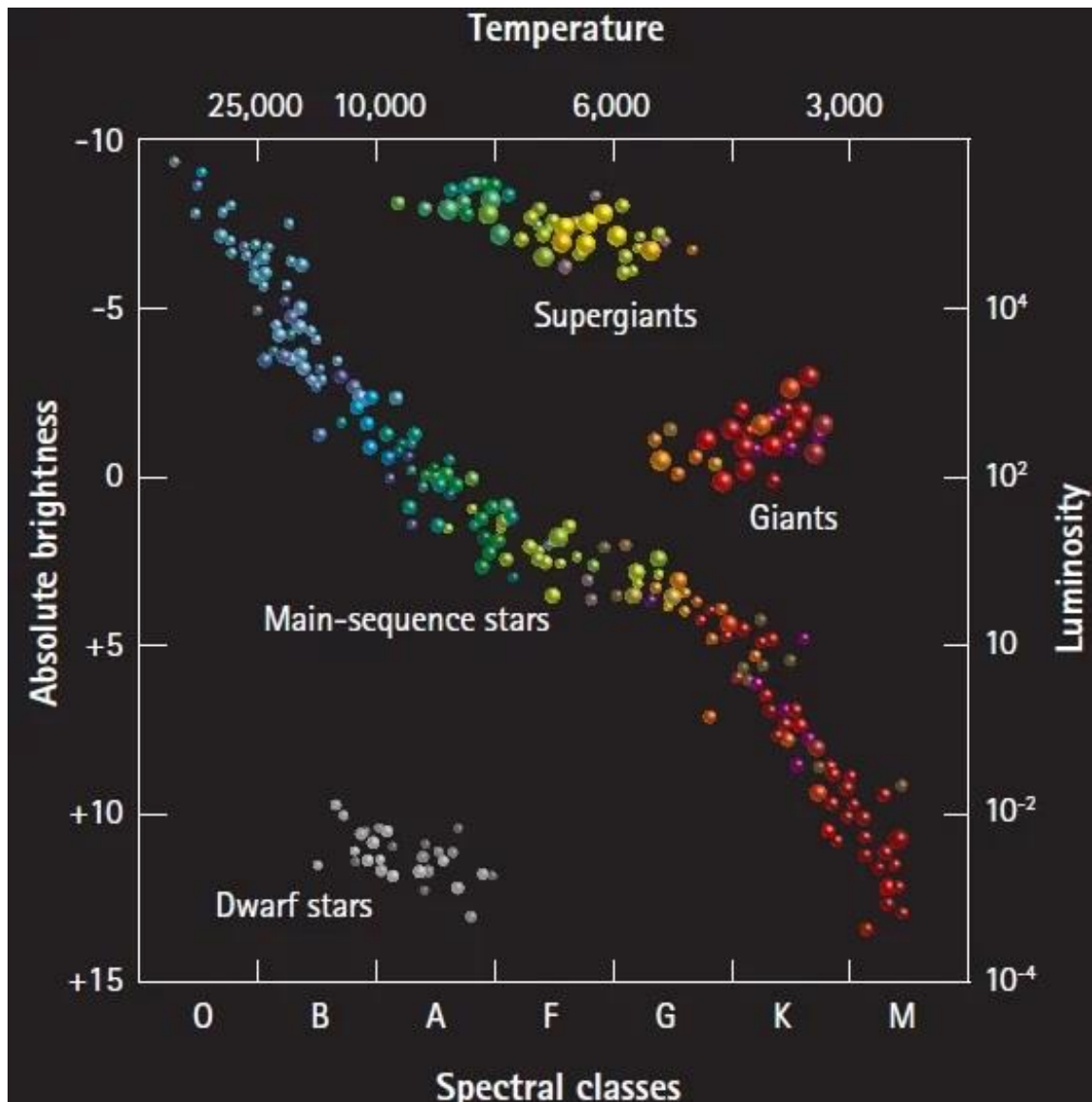


Abbildung 2: Hertzsprung-Russell-Diagramm. ©: Christoph Schneider.
https://www.mpg.de/4628150/Stellar_Class_Society

AB04: „Braune Zwerge: Masse, Temperatur und Leuchtkraft“

Das Arbeitsblatt AB04 bietet Aufgaben zu den Themen „Massenvergleich“, „Leuchtkraft“ und „Temperatur“ von Braunen Zwergen.

Neben **Rechenaufgaben** gibt es hierbei auch einen **Rechercheauftrag** sowie eine **Diskussions- und Reflexionsmöglichkeit**. Die Lösungsvorschläge sind angehängt.

Anlagen

- Arbeitsblatt AB01: „Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?“ (Sachtext mit Fragen)
- Arbeitsblatt AB02: „Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?“ (Lückentext)
- Arbeitsblatt AB03: „Ein erweitertes Hertzsprung-Russell-Diagramm“ (Aufgabenblatt)
- Arbeitsblatt AB04: „Braune Zwerge: Masse, Temperatur und Leuchtkraft“ (Aufgabenblatt)
- **Separat beigefügt: Erweitertes Hertzsprung-Russell-Diagramm (blanko)**

Quellen:

- <https://abenteuer-universum.de/sterne/brzweg.html>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Brauner_Zwerg
- https://en.wikipedia.org/wiki/Brown_dwarf
- <https://www.leifiphysik.de/astronomie/fixsterne/grundwissen/spektralklassen>
- <https://www.scientificamerican.com/article/brown-dwarfs-could-reveal-secrets-of-planet-and-star-formation/>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/brauner-zwerg/56>
- <https://www.uni-heidelberg.de/de/newsroom/sind-braune-zwerge-gescheiterte-sterne-oder-super-planeten>

AB01: Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?



Es gibt unzählige Arten von Himmelskörpern im Universum. Einige davon sind Rote Riesen, Weiße Zwerge, Neutronensterne und sogar Schwarze Löcher. Aber es gibt auch Objekte, die eine Art "Zwischenstellung" einnehmen - und dazu zählen die Braunen Zwerge.

Braune Zwerge sind faszinierende Himmelskörper, die zwischen Sternen und Planeten angesiedelt sind. Sie sind zu klein, um die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium aufrechtzuerhalten - der Prozess, der Sterne wie unsere Sonne zum Leuchten bringt. Gleichzeitig sind sie zu groß, um als Planeten eingestuft zu werden. Das macht sie zu den "gescheiterten Sternen" des Universums.

Aber warum sind sie braun? Tatsächlich ist der Name "Brauner Zwerg" ein wenig irreführend. Sie sind nicht wirklich braun, sondern erscheinen aufgrund ihrer niedrigen Temperatur eher rot oder magenta. Der Name wurde gewählt, weil die Farbbezeichnung „rot“ bereits für andere Zwerge (rote Zwerge – die masseärmsten Sterne) reserviert war.

Die Existenz von Braunen Zwergen wurde 1963 von dem Astronomen Shiv S. Kumar zunächst theoretisch vorausgesagt, aber es dauerte noch bis 1995, bis die ersten Braunen Zwerge tatsächlich entdeckt wurden. Seitdem haben Astronomen Hunderte dieser seltsamen Himmelskörper gefunden.

Braune Zwerge sind außerordentlich schwer zu finden, da sie nur wenig Licht abgeben und daher im Weltraum leicht übersehen werden können. Viele der heute entdeckten braunen Zwerge wurden mit Hilfe von Infrarot-Teleskopen entdeckt, die in der Lage sind, die zum großen Teil nicht sichtbare Strahlung, die sie abgeben, nachzuweisen.

Das Studium von Braunen Zwergen kann uns dabei helfen, unsere Kenntnisse über die Bildung und Entwicklung von Sternen und Planeten zu erweitern. Sie bieten Einblicke in die Prozesse, die zur Entstehung von Sternen führen, und können sogar dabei helfen, die Frage zu beantworten, wie häufig Leben im Universum vorkommen könnte.

Auch wenn Braune Zwerge oftmals als "gescheiterte Sterne" bezeichnet werden, sind sie keineswegs Misserfolge. Sie repräsentieren eine einzigartige und faszinierende Kategorie von Himmelskörpern, die dazu beitragen, unser Verständnis vom Universum zu vertiefen.



Aufgabe - Lies den Text und beantworte folgende Fragen:

1. Was unterscheidet einen Braunen Zwerg von einem Stern?
2. Was macht die Suche nach Braunen Zwergen so schwierig?
3. Inwiefern „lohnt“ sich die Erforschung Brauner Zwerge?

AB02: Braune Zwerge – gescheiterte Sterne?



Es gibt unzählige Arten von _____ (1) im Universum. Einige davon sind Rote Riesen, Weiße Zwerge, Neutronensterne und sogar Schwarze Löcher. Aber es gibt auch Objekte, die eine Art "Zwischenstellung" einnehmen - und dazu zählen die Braunen Zwerge.

Braune Zwerge sind faszinierende Himmelskörper, die zwischen _____ (2) und _____ (3) angesiedelt sind. Sie sind zu klein, um die _____ (4) von Wasserstoff zu Helium aufrechtzuerhalten - der Prozess, der Sterne wie unsere Sonne zum Leuchten bringt. Gleichzeitig sind sie zu groß, um als Planeten eingestuft zu werden. Das macht sie zu den "gescheiterten _____ (5)" des Universums.

Aber warum sind sie braun? Tatsächlich ist der Name "Brauner Zwerg" ein wenig irreführend. Sie sind nicht wirklich braun, sondern erscheinen aufgrund ihrer niedrigen _____ (6) eher rot oder magenta. Der Name wurde gewählt, weil die Farbbezeichnung „rot“ bereits für andere Zwerge (rote Zwerge – die masseärmsten Sterne) reserviert war.

Die Existenz von Braunen Zwergen wurde 1963 von dem Astronomen Shiv S. _____ (7) zunächst theoretisch vorausgesagt, aber es dauerte noch bis 1995, bis die ersten Braunen Zwerge tatsächlich entdeckt wurden. Seitdem haben Astronomen Hunderte dieser seltsamen Himmelskörper gefunden.

Braune Zwerge sind außerordentlich schwer zu finden, da sie nur wenig _____ (8) abgeben und daher im Weltraum leicht übersehen werden können. Viele der heute entdeckten Braunen Zwerge wurden mit Hilfe von _____ (9)-Teleskopen entdeckt, die zum großen Teil nicht sichtbare Strahlung, die sie abgeben, nachzuweisen.

Das Studium von Braunen Zwergen kann uns dabei helfen, unsere Kenntnisse über die _____ (10) und Entwicklung von Sternen und Planeten zu erweitern. Sie bieten Einblicke in die Prozesse, die zur Entstehung von Sternen führen, und können sogar dabei helfen, die Frage zu beantworten, wie häufig _____ (11) im Universum vorkommen könnte.

Auch wenn Braune Zwerge oftmals als "gescheiterte Sterne" bezeichnet werden, sind sie keineswegs Misserfolge. Sie repräsentieren eine einzigartige und faszinierende Kategorie von Himmelskörpern, die dazu beitragen, unser Verständnis vom _____ (12) zu vertiefen.



Aufgabe - Vervollständige den Text mit den passenden Begriffen:

*Kernfusion * Sternen * Kumar * Himmelskörpern * Temperatur * Planeten
Sternen * Leben * Bildung * Infrarot * Universum * Licht*

AB01 | Lösung:

1. Braune Zwerge sind zu klein, um die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium aufrechtzuerhalten.
2. Braune Zwerge sind außerordentlich schwer zu finden, da sie nur wenig Licht abgeben und daher im Weltraum leicht übersehen werden können.
3. Die Erforschung Brauner Zwerge bietet Einblicke in die Prozesse, die zur Entstehung von Sternen führen und kann sogar dabei helfen, die Frage zu beantworten, wie häufig Leben im Universum vorkommen könnte.

AB02 | Lösung:

1. Himmelskörpern
2. Sternen
3. Planeten
4. Kernfusion
5. Sternen
6. Temperatur
7. Kumar
8. Licht
9. Infrarot
10. Bildung
11. Leben
12. Universum

AB03: Ein erweitertes Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)

Name	Leuchtkraft	Spektraltyp	Temperatur (K)	Objekt
Achernar A	3.000	B6 Vpe	18.700	
Aldebaran	439	K5 III	3.900	
Alkaid	594	B3 V	15.540	
Alpha Hydri	21	F0 IV	7.087	
Antares	75.900	M1.5 Iab-Ib	3.660	
Beteigeuze	100.000	M1–M2 Ia–ab	3.600	
Canopus	10.700	A9 II	7.400	
Capella A	78,7	G8III	4.970	
Deneb	196.000	A2 Iae	8.700	
Epsilon Eridani	0,3	K2 V	5.100	
GD 165 B	-	L4	1755	
Gliese 229B	-	T7pec	850	
Jupiter	-	-	88	
Lalande 21185	0,02	M1.5 V	3.547	
Mira	8.400	M7 IIIe	3000	
Pollux	32,7	K0 III	4.586	
Procyon A	7	F5 IV-V	6.530	
Procyon B	0,0005	DQZ	7.740	
Proxima Centauri	0,0001	M5.5Ve	2.992	
Regulus	316	B8 IVn	11.668	
Rigel A	40.600	B8 Ia	12.300	
Sirius A	25	A1 Vm	9.900	
Sirius B	0,03	DA2	25.193	
Sonne	1	G2 V	5.772	
Teide 1	0,0007	M8	2584	
WISE1828	-	>Y2V	406	



Aufgaben:

- Trage die Objekte in das beigefügte HRD ein und bestimme, um was für ein Objekt es sich handelt (z.B. Roter Riese, Weißer Zwerg etc.). Trage diese Ergebnisse auch in die Tabelle ein.
(**HINWEIS:** Braune Zwerge haben eine sehr geringe Leuchtkraft. Diese beträgt weniger als 0,00001 % der Leuchtkraft unserer Sonne.)
- Im gegebenen erweiterten HRD sind neben den Spektraltypen und Temperaturangaben auch die Wellenlängenbereiche, in denen die Objekte abstrahlen, aufgetragen. Inwieweit eignen sich diese zur Positionsbestimmung im HRD anstelle der Spektraltypen und Temperaturangaben? Welche Probleme treten dabei evtl. auf? Diskutiert eure Ergebnisse im Plenum.
- Bei Teide 1 handelt sich um einen Sonderfall. Inwiefern? Recherchiere im Internet und begründe.
- Inwiefern ist es sinnvoll oder nicht sinnvoll, das HRD um Braune Zwerge und Gasplaneten zu erweitern? Diskutiert eure Ergebnisse im Plenum.

AB03 | Lösung:

Aufgabe 01:

Name	Leuchtkraft	Spektraltyp	Temperatur (K)	Objekt
Achernar A	3.000	B6 Vpe	18.700	<i>Hauptreihenstern</i>
Aldebaran	439	K5 III	3.900	<i>Roter Riese</i>
Alkaid	594	B3 V	15.540	<i>Hauptreihenstern</i>
Alpha Hydri	21	F0 IV	7.087	<i>Hauptreihenstern</i>
Antares	75.900	M1.5 Iab-Ib	3.660	<i>Roter Überriese</i>
Beteigeuze	100.000	M1–M2 Ia–ab	3.600	<i>Roter Überriese</i>
Canopus	10.700	A9 II	7.400	<i>Riese</i>
Capella A	78,7	G8III	4.970	<i>Roter Riese</i>
Deneb	196.000	A2 Iae	8.700	<i>Blauer Riese</i>
Epsilon Eridani	0,3	K2 V	5.100	<i>Hauptreihenstern</i>
GD 165 B	-	L4	1755	<i>Brauner Zwerg</i>
Gliese 229B	-	T7pec	850	<i>Brauner Zwerg</i>
Jupiter	-	-	88	<i>Planet</i>
Lalande 21185	0,02	M1.5 V	3.547	<i>Roter Zwerg</i>
Mira	8.400	M7 IIIe	3000	<i>Roter Riese</i>
Pollux	32,7	K0 III	4.586	<i>Roter Riese</i>
Procyon A	7	F5 IV-V	6.530	<i>Hauptreihenstern</i>
Procyon B	0,0005	DQZ	7.740	<i>Weißer Zwerg</i>
Proxima Centauri	0,0001	M5.5Ve	2.992	<i>Roter Zwerg</i>
Regulus	316	B8 IVn	11.668	<i>Hauptreihenstern</i>
Rigel A	40.600	B8 Ia	12.300	<i>Blauer Überriese</i>
Sirius A	25	A1 Vm	9.900	<i>Hauptreihenstern</i>
Sirius B	0,03	DA2	25.193	<i>Weißer Zwerg</i>
Sonne	1	G2 V	5.772	<i>Hauptreihenstern</i>
Teide 1	0,0007	M8	2584	<i>Brauner Zwerg</i>
WISE1828	-	>Y2V	406	<i>Brauner Zwerg</i>

Aufgabe 02:

Individuelle Schülerlösung – Probleme treten insbesondere dabei auf, wo sich die Wellenlängenbereiche überlappen (Spektralklassen M, L, T, Y)

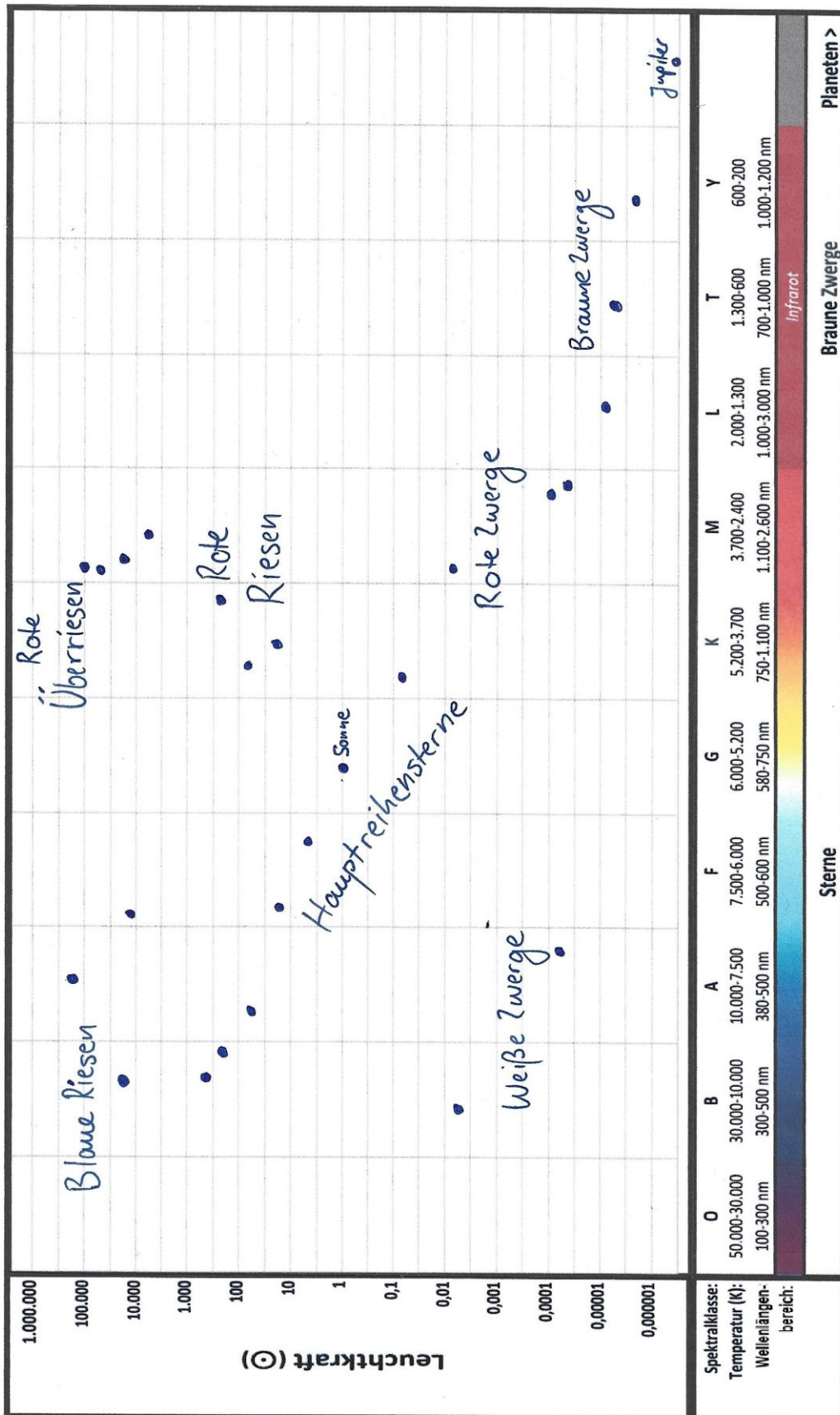
Aufgabe 03:

Teide 1 war der erste entdeckte Braune Zwerg, weist aber den Spektraltyp M8 auf und kann daher leicht mit einem Roten Zwerg verwechselt werden.

Aufgabe 04:

Individuelle Schülerlösung

Das erweiterte Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)



AB04: Braune Zwerge: Masse, Temperatur und Leuchtkraft

Aufgabe 1: Vergleich der Masse von Braunen Zwergen und Jupiter

Ein Brauner Zwerg ist ein Himmelskörper, der größer ist als ein Planet, aber nicht so groß wie ein Stern. Die Masse eines Braunen Zwergs liegt normalerweise zwischen 13 und 80 Jupitermassen.

Für diese Aufgabe nehmen wir an, dass wir einen Braunen Zwerg mit einer Masse von 40 Jupitermassen haben. Die Masse von Jupiter beträgt etwa $1,898 \cdot 10^{27}$ kg.

Berechne die Masse des Braunen Zwergs in Kilogramm.

Wievielmals schwerer ist der Braune Zwerg im Vergleich zur Erde, wenn man annimmt, dass die Masse der Erde ungefähr $5,972 \cdot 10^{24}$ kg beträgt?

Aufgabe 2: Temperatur und Leuchtkraft von Braunen Zwergen

Braune Zwerge sind Himmelskörper, die größer als Planeten, aber kleiner als Sterne sind. Sie haben nicht genug Masse, um Wasserstofffusion wie Sterne zu betreiben, aber sie erzeugen eine nur geringe Menge an Licht und Wärme durch die Fusion von Deuterium (eine Form von Wasserstoff).

Teil 1: Forschung

1. Suche nach Informationen über die durchschnittliche Temperatur und die Leuchtkraft von Braunen Zwergen. Wie vergleichen sie sich mit der Temperatur und der Leuchtkraft der Sonne?
2. Wie verändern sich die Temperatur und die Leuchtkraft eines Braunen Zwergs im Laufe der Zeit und warum? Was ist der Unterschied zu Sternen?

Teil 2: Rechenaufgabe

Angenommen, wir haben einen Braunen Zwerg, der $1/100.000$ der Leuchtkraft der Sonne hat. Die Leuchtkraft der Sonne beträgt etwa $3,828 \cdot 10^{26}$ Watt.

1. Berechne zunächst die Leuchtkraft des Braunen Zwergs in Watt.
2. Angenommen, die durchschnittliche Temperatur eines Braunen Zwergs liegt bei etwa $1/3$ der Temperatur der Sonne. Die durchschnittliche Temperatur der Sonne beträgt etwa 5500°C . Was wäre dann die durchschnittliche Temperatur des Braunen Zwergs in Grad Celsius?

Teil 3: Diskussion und Reflexion

1. Diskutiert, warum die Temperatur und die Leuchtkraft von Braunen Zwergen geringer sind als die von Sternen. Was sagt das über die Prozesse aus, die in Braunen Zwergen ablaufen?
2. Reflexion: Wie beeinflussen die Temperatur und die Leuchtkraft eines Braunen Zwergs unsere Fähigkeit, ihn im Weltraum zu erkennen? Welche Technologien könnten Astronomen verwenden, um diese schwach leuchtenden und kühlen Himmelskörper zu entdecken?

AB04 | Lösung zu Aufgabe 1:

Um die Masse des Braunen Zwergs in Kilogramm zu berechnen, multiplizieren wir die Masse von Jupiter mit der Anzahl der Jupitermassen, die der Braune Zwerg hat.

$$\text{Also } 1,898 \cdot 10^{27} \text{ kg} \cdot 40 = 7,592 \cdot 10^{28} \text{ kg.}$$

Um herauszufinden, wievielmals schwerer der Braune Zwerg im Vergleich zur Erde ist, teilen wir die Masse des Braunen Zwergs durch die Masse der Erde.

$$\text{Also } 7,592 \cdot 10^{28} \text{ kg} / 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg} = \text{etwa } 12.712.$$

Also ist der Braune Zwerg ungefähr 12.712 mal schwerer als die Erde.

AB04 | Lösung zu Aufgabe 2 (Teil 2):

1. Um die Leuchtkraft des Braunen Zwergs zu berechnen, multiplizieren wir die Leuchtkraft der Sonne mit dem Anteil der Leuchtkraft, den der Braune Zwerg hat.

$$\text{Das wäre } 3,828 \cdot 10^{26} \text{ Watt} \cdot 1/100.000 = 3.828 \cdot 10^{21} \text{ Watt.}$$

2. Um die durchschnittliche Temperatur des Braunen Zwergs zu berechnen, nehmen wir ein Drittel der durchschnittlichen Temperatur der Sonne. Das wäre $5500^\circ\text{C} \cdot 1/3 \approx 1833^\circ\text{C}$.