



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Schülervorstellungen zur Sonne
anhand von Concept Cartoons“

verfasst von / submitted by

Tobias Pfoser

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 313 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Geschichte, Sozialkunde
und Politische Bildung und UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron, Privatdoz.

Vorwort und Danksagung

Schlussendlich kam ich in meinem Studium an den Punkt, an dem ich mir ein Diplomarbeitsthema sowie eine Betreuerin oder einen Betreuer suchen musste. Ich hatte mehrere Vorstellungen von möglichen Themen bereits in meinem Kopf. Während einiger Gespräche mit einem guten Freund und Kollegen, der nebenbei für die Wiener Sternwarte und dem Planetarium als Wissensvermittler arbeitet, kam ich auf die Idee, ein astronomisches Thema für meine Diplomarbeit zu wählen. Astronomie stellt für den Physikunterricht nicht zwangsläufig ein eigenständiges Kapitel dar und nachdem in Fachdidaktik, wenn überhaupt, nur die Erde und der Mond und deren Wechselwirkung untersucht wurden, wollte ich mich einem weniger erforschten Teilbereich der Schülervorstellungen widmen - der Sonne. Aufgrund meiner zukünftigen Lehrtätigkeit war mir ein praxisorientiertes Untersuchungsfeld wichtig. Im Rahmen des Lehramtsstudiums wird immer wieder von Schülervorstellungen und deren Bedeutung im Unterricht berichtet. Deshalb war für mich schnell klar, dass ich mich diesem Teilaspekt der Fachdidaktik widmen will.

Nachdem ich mein Thema gefunden hatte, stand die Frage der Betreuung der Diplomarbeit an. Bei einem persönlichen Gespräch mit Frau Mag. Dr. Urban-Woldron konnte ich sie für mein Diplomarbeitsthema interessieren und mir ihre Unterstützung sichern. Sie stand dem Thema sehr offen gegenüber und bot mir an, die empirische Untersuchung der Schülervorstellungen zur Sonne mit Hilfe einer alternativen Methode zu evaluieren, den sogenannten Concept Cartoons. Diese Evaluierungsmethode war mir bis dahin unbekannt und ich bekam deshalb großes Interesse die Schülervorstellungen in dieser Art und Weise zu untersuchen. Durch meine mangelnde Erfahrung in Hinblick auf die Durchführung und die Gestaltung von Untersuchungsmaterialien waren die konstruktive Unterstützung und das Feedback von Seiten meiner Betreuerin sehr hilfreich. In Folge konnte ich die Materialien (Cartoons und Fragebogen) schrittweise optimieren.

Ich möchte mich deshalb besonders bei meiner Betreuerin Frau Mag. Dr. Urban-Woldron bedanken, die mich bei der Konkretisierung des Diplomarbeitsthemas, der Gestaltung und Durchführung der empirischen Untersuchung und der Abhandlung dieser Arbeit immer unterstützt hat. Weiters möchte ich den an der Studie teilgenommenen Schulen, Lehrerinnen und Lehrer und Schülerinnen und Schüler danken.

Ebenfalls möchte ich meinen Freunden und Studienkolleginnen und Kollegen danken, die mich während meines Studiums tatkräftig unterstützt und mir eine schöne Zeit ermöglicht haben. Zum Schluss möchte ich noch meiner Familie für ihre Hilfsbereitschaft, Unterstützung und Geduld danken. Hervorheben möchte ich meine Mutter und meinen Freund Florian für das Korrekturlesen der Diplomarbeit sowie meine Freundin Vera für ihre Geduld und Motivation.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen zur Sonne.....	3
2.1 Definition und Lebenszyklus eines Sterns.....	3
2.2 Definition eines Planeten	6
2.3 Aufbau der Sonne	7
2.4 Oberfläche der Sonne	10
2.5 Kernfusion der Sonne.....	14
2.6 Licht- und Wärmetransport von der Sonne zur Erde.....	16
3. Fachdidaktische Grundlagen	18
3.1 Astronomie im österreichischen Lehrplan.....	18
3.2 Schülervorstellungen	21
3.2.1 Was sind Schülervorstellungen?	21
3.2.2 Sprache als Hindernis	24
3.2.3 Konstruktivismus in der Lerntheorie	27
3.2.4 Konzeptwechsel.....	29
3.2.5 Auswirkungen auf den Unterricht	31
3.3 Aktueller Forschungsstand zu astronomischen Präkonzepten.....	37
4. Empirische Untersuchung	40
4.1 Forschungsfragen.....	42
4.2 Forschungsmethode	42
4.2.1 Concept Cartoons	44
4.2.2 Fragebogen.....	49
4.3 Design der Untersuchungsunterlagen	52
4.4 Pilotierung der Concept Cartoons.....	53

5. Datenerhebung und Auswertung	59
5.1 Auswertung der Concept Cartoons.....	61
5.2 Begründungen der Schülerinnen und Schüler	81
5.3 Auswertung des Fragebogens.....	88
6. Diskussion der Forschungsergebnisse.....	97
7. Abschlussresümee	100
8. Ausblick.....	105
9. Literaturverzeichnis	108
10. Abbildungsverzeichnis	113
11. Tabellenverzeichnis	114
12. Anhang.....	116
11.1 Concept Cartoons.....	116
11.2 Fragebogen	122
11.3 Transkripte	124
11.4 Auswertungen mit SPSS	132
11.4.1 Fragebogendaten	163
11.4.2 Korrelationen.....	178
13. Abstract.....	185
12.1 Deutsche Version	185
12.2 Englische Version	186

1. Einleitung

„Der Mittelpunkt eines jeden Systems wird von einem flammenden Körper eingenommen“
(Kant, zitiert nach Jacobi, 2009, S. 19)

Dieses Zitat von Immanuel Kant in seinem naturwissenschaftlichen Werk *„Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“*, welches 1755 erschienen ist, enthält eine weitverbreitete Vorstellung zur Sonne. Auch nach über 260 Jahren ist diese Vorstellung zur Sonne noch aktuell. Von diesem Zitat ausgehend möchte ich daher den Bemühungen dieser Diplomarbeit, einen Beitrag zur Erforschung der Schülervorstellungen zur Sonne zu leisten, Rückenwind verleihen, um ein neues Licht auf die in diesem Themengebiet vorhandenen Präkonzepte zu werfen.

Die Physikdidaktik beschäftigt sich mit vielen unterschiedlichen Teilbereichen des Physikunterrichts in der Schule. Schülervorstellungen sind ein essentieller Bestandteil der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik. Alltagsvorstellungen in den naturwissenschaftlichen Fächern, wie beispielsweise Physik, Chemie und Biologie sind seit den 1970iger Jahren zum Großteil schon untersucht worden. In der heutigen Literatur der Physikdidaktik findet man zu allen Teilbereichen, die im Schulunterricht gelehrt werden, wie zum Beispiel die Elektrizitätslehre, Optik und Mechanik viele Beispiele zu Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler.

Ein Teilbereich, der ebenfalls in den österreichischen Physiklehrplänen vorkommt, aber noch nicht in demselben Umfang erforscht wurde, ist die Astronomie. Durch die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler¹ in diesem Bereich entsteht ein wissenschaftlich inkorrektes Bild unseres Sonnensystems. Speziell der Mittelpunkt dieses Systems, die Sonne, ist von besonderer Bedeutung für die Schülerinnen und Schüler, die Präkonzepte dazu entsprechen aber meistens nicht der physikalischen Wirklichkeit. In der fachdidaktischen Literatur findet man noch relativ wenig Publikationen zu Schülervorstellungen der Sonne. Die bisherigen Forschungen über Schülervorstellungen in der Astronomie befassen sich meist mit der Erde, dem Mond und deren Wechselwirkung sowie mit der kosmischen Strahlung. Mit dieser Arbeit möchte ich daher einen Beitrag dazu leisten, die Sonne in den Blickpunkt der Forschung von Schülervorstellungen zu rücken.

¹ In dieser Diplomarbeit sollen sowohl die männlichen, als auch die weiblichen Formen explizit sichtbar gemacht werden. Falls dies in einigen Fällen zur besseren Lesbarkeit nicht gemacht wurde, sind trotzdem beide Formen gemeint.

Die Untersuchung der Schülervorstellungen zur Sonne wird mit Hilfe der Concept Cartoons Methode durchgeführt. Dieses empirische Werkzeug dient dazu, vorhandene Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler in einem altersgerechten und ansprechenden Rahmen festzuhalten, um diese anschließend analysieren zu können. Dabei müssen die Schülerinnen und Schüler zu einer bestimmten Fragestellung einer von vier vorhandenen Antwortmöglichkeiten zustimmen und ihre Entscheidung kurz begründen. Der Vorteil in dieser Methode liegt vor allem darin, dass es schnell, einfach und sicher funktioniert. Zusätzlich müssen sie nicht spontan eine Antwort auf eine Frage kreieren, wodurch es den Schülerinnen und Schüler leichter fällt einen Standpunkt einzunehmen und zu vertreten.

Die Diplomarbeit ist in drei Teile gegliedert. Der erste Teil behandelt die fachwissenschaftlichen Hintergründe der Sonne, unter anderem Aufbau, Funktionsweise und Transport von Licht und Wärme auf die Erde. Der zweite Abschnitt befasst sich mit den fachdidaktischen Grundlagen. Dabei wird definiert was Schülervorstellungen sind, wie sie sich auf den Physikunterricht auswirken und wie ihnen entgegengewirkt werden kann. Anschließend wird die aktuelle fachdidaktische Forschung hinsichtlich Schülervorstellungen im Physikunterricht zum Thema Astronomie und Sonne behandelt.

Die ersten beiden Abschnitte dienen dazu, einen theoretischen Rahmen zu schaffen, um die Inhalte des letzten Teils besser einordnen zu können. Der dritte und letzte Teil präsentiert die empirische Untersuchung. Die empirische Studie wird detaillierter in ihre Entwicklung, Durchführung und Auswertung der gewonnenen Daten unterteilt. Abschließend werden die Erkenntnisgewinne in eine Diskussion hinsichtlich des aktuellen Forschungsstands eingebettet und daraus die finalen Schlüsse gezogen. Im Anhang befinden sich alle von mir selbst erarbeiteten Untersuchungsmaterialien, wie die Concept Cartoons und der Fragebogen sowie die aus dem Statistikprogramm SPSS gewonnenen Tabellen. Zusätzlich sind noch die Transkripte der Audioaufzeichnungen aus den Plenumsdiskussionen von zwei Klassen angehängt.

2. Grundlagen zur Sonne

Bevor näher auf die fachdidaktischen Inhalte und die empirische Studie eingegangen wird, sollen die fachwissenschaftlichen Grundlagen zur Sonne festgehalten werden. Vielen Menschen ist wahrscheinlich nicht klar, wie die Sonne aufgebaut ist, woher ihre Energie kommt und wie sie uns mit Licht und Wärme versorgt. Es soll dabei ersichtlich werden, welche theoretischen Annahmen getroffen wurden, anhand derer die Concept Cartoons für die empirische Untersuchung erstellt wurden.

Im Alltag spielt die Sonne für uns eine zentrale Rolle. Ohne sie gäbe es kein Licht und keine Wärme auf der Erde. Folglich wäre ohne Sonne auch kein Leben auf der Erde möglich. Diese Vorstellungen sind in den Köpfen der Menschen verankert, auch bei den Schülerinnen und Schülern. Aufgrund ihrer „*Abstraktion*“, im Sinne der Distanz und schwierigeren Beobachtbarkeit, ist es daher nicht leicht sich tiefergehende Vorstellungen und Konzepte zur Sonne im Alltag vorzustellen. Die Informationsquellen der Schülerinnen und Schüler über die Sonne stammt vor allem aus Büchern und naturwissenschaftlichen Fernsehsendungen, aber durch die Digitalisierung zunehmend auch aus dem Internet. Obgleich der alltäglichen Erfahrung mit der Sonne, stimmen die Präkonzepte vieler Kinder nicht mit der naturwissenschaftlichen Sichtweise überein. Der Aufbau der empirischen Untersuchung sowie die theoretischen Grundlagen die nachfolgend dargelegt werden, wurden in der gleichen Reihenfolge behandelt und dargestellt. Beginnend mit der grundlegenden Unterscheidung zwischen den Definitionen von Sternen und Planeten wird der Aufbau der Sonne näher erklärt. Folgend soll die Oberfläche der Sonne mit ihren sogenannten Sonnenflecken und Protuberanzen betrachtet werden, um anschließend weiter ins Sonneninnere vorzudringen und dort die Energieerzeugung mittels Kernfusion zu thematisieren. Abschließend wird erläutert, wie der Licht- und Wärmetransport von der Sonne zu uns auf die Erde funktioniert.

2.1 Definition und Lebenszyklus eines Sterns

Ohne die Definition eines Sterns kann die Sonne nicht beschrieben werden. Deshalb wenden wir uns dieser Definition jetzt eingehend zu. Auf den Homepages der „*National Aeronautics and Space Administration*“ (NASA) in den USA und ihrem europäischen Pendant der „*European Space Agency*“ (ESA) gibt es eigens für Kinder und andere neugierige Menschen Erklärungen und Definitionen von unterschiedlichen astronomischen Objekten und Phänomenen. Die Antworten sind sprachlich und methodisch gut gestaltet. So bezeichnet die NASA einen Stern als „*a big ball of gas*“ (vgl. NASA, 2008). Auf der Seite der ESA wird die Entstehung eines Sterns

folgendermaßen beschrieben, wenn es heißt *„Ihre Geburtsstätten sind riesige, kalte Gas- und Staubwolken, die man Nebel nennt.“* (vgl. ESA, 2011).

Zur Farbe, Temperatur und Größe der Sonne wird auf der Seite der NASA erklärt, dass *„a star’s color tells us how hot or cold it is. The bluish stars are the hottest ones. The reddish stars are the coolest. (...) Our sun is a yellow star. That makes it one of the cooler stars. The sun looks very big to us. But it is just a medium-sized star. The sun looks so big because it is so close to the Earth.“* (vgl. NASA, 2008).

Im Nachschlagekompendium der Astronomie, herausgegeben von dem Physiker Harald Lesch, wird ein Stern kurz als *„Kugel aus Gas, die durch Kernfusion in ihrem Zentrum Wärme und Licht erzeugt“* (vgl. Lesch, 2010, S. 9) definiert.

Mit diesen Definitionen eines Sterns soll gezeigt werden, dass es unterschiedliche Herangehensweisen gibt, aber letztendlich alle zu dem gleichen Ergebnis kommen: Ein Stern ist ein in Farbe, Temperatur und Größe variierender Gasball, der seine Energie im Inneren durch Kernfusion erzeugt und diese dann ins Weltall abstrahlt. Unsere Sonne wird ebenfalls dieser Definition zugeordnet und kann somit als Stern beschrieben werden.

Wie schon kurz erwähnt sind Gaswolken, die hauptsächlich aus Wasserstoff bestehen, die Geburtsstätten von Sternen. Um zu einem Stern zu werden, beginnen die Gaswolken aufgrund des Gravitationsdrucks zu seinem Schwerpunkt hin zu kontrahieren. Dadurch nehmen sie eine kugelförmige Form an. Diese Phase der Sternentwicklung wird auch als Protostern bezeichnet. Nun werden die Teilchen des noch jungen Sterns durch die Gravitation in sein Inneres beschleunigt, wodurch ihre kinetische Energie zunimmt. Die Kernfusion, die im Inneren des Sterns stattfindet und wo die Temperatur am größten ist, ist nur dann möglich, wenn die Teilchen durch die Beschleunigung genug kinetische Energie besitzen um die Coulomb-Abstoßung, die normalerweise gleichgeladene Teilchen auseinanderhält, überwinden zu können. Durch die Kernfusion wird genug Druck im Sterninneren erzeugt, der den Protostern vor einem Kollaps bewahrt und dadurch stabilisiert.

Der junge Stern befindet sich nun in der sogenannten Hauptreihe des Hertzsprung-Russell-Diagramms (H-R-Diagramm). Dieses Diagramm setzt die Temperatur und die absolute Leuchtkraft eines Sterns zueinander in Beziehung. Dadurch wird nicht nur die Korrelation dieser beiden Parameter dargestellt, sondern es kann auch die Entwicklung eines Sterns nachvollzogen werden, siehe Abbildung 1. Der genaue Standort des Sterns in der Hauptreihe hängt von seiner Masse ab. Je massereicher er ist, desto größer ist seine absolute Leuchtkraft und desto weiter links oben wird der Stern im H-R-Diagramm eingeordnet. Nach Giancoli (2010) dauert es bis zu 30 Millionen Jahre, bis ein Stern in der Hauptreihe ankommt, wo er anschließend weitere

10 Milliarden Jahre verbleibt, bis irgendwann die Kernfusion zu einer Veränderung des Sterninneren führt. Sobald der Großteil des Wasserstoffs „*verbraucht*“ wurde, kommt es zu erneuten Kontraktionen des Gasballes. Demzufolge kommt es wiederum zu einem Temperaturanstieg im Kern, der den übriggebliebenen Wasserstoff noch schneller fusioniert. Die äußere Hülle des Sterns expandiert und kühlt dadurch ab. Die Folge ist, dass die Temperatur der Sternoberfläche abnimmt. Der Stern hat bei dieser Entwicklung die Hauptreihe verlassen und ist ein sogenannter Roter Riese geworden. Wie der Name schon vermuten lässt, ist das Volumen des Sterns nun größer und das Maximum des emittierten Lichtspektrums befindet sich im Bereich der längeren Wellenlängen. Der weitere Lebensweg eines Sterns sieht vor, dass er sich horizontal im H-R-Diagramm nach links bewegt. Das bedeutet, seine Temperatur nimmt zu, ohne dass sich seine Leuchtkraft stark verändert. Er kann dabei so heiß werden, dass sogar Helium und noch schwerere Elemente der Kernfusion im Sterninneren unterliegen. Wenn die Masse eines Sterns unter 1,4 Sonnenmassen liegt, gibt es keine weitere Fusionsenergie und der Stern beginnt zu kollabieren. Er schrumpft, verliert Energie, kühlt ab und wird lichtschwächer, wie in Abbildung 1 ersichtlich wird. In dieser Phase wird ein Stern als Weißer Zwerg bezeichnet. Dieser Prozess setzt sich solange fort, bis sein Licht erlischt (vgl. Giancoli, 2010, S. 1516-1521).

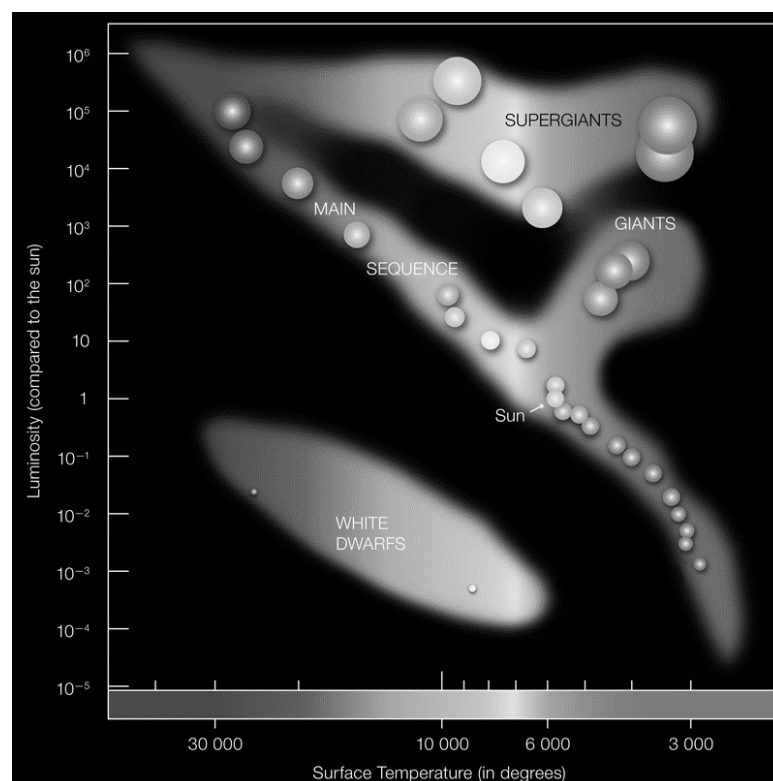


Abbildung 1: Das H-R-Diagramm stellt die unterschiedlichen Stadien der Sterne in Abhängigkeit ihrer absoluten Leuchtkraft und ihrer Oberflächentemperatur dar.²

² Bildquelle: (http://chandra.harvard.edu/edu/formal/variable_stars/bg_info.html).

2.2 Definition eines Planeten

Um einen Stern von einem Planeten unterscheiden zu können, muss auch dessen Definition geklärt werden. Das Wort „Planet“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie „umherirren“ oder „umherwandern“. Da die Menschen schon in der Antike bei Beobachtungen des Nachthimmels bemerkt haben, dass sich die Planeten bewegen, wurden sie auch als Wandelsterne bezeichnet. Heute weiß man, dass Planeten und Sterne zwei komplett unterschiedliche Arten von Himmelskörper sind. Um zu einer internationalen Übereinkunft über die Definition eines Planeten zu kommen, wurde 2006 von der „*International Astronomical Union*“ (IAU) eine Generalversammlung in Prag abgehalten. Im Rahmen dieser Versammlung hat die IAU über eine neue, nachgebesserte Definition von Planeten abgestimmt. Vorangegangen war dem ein Exekutivkomitee, bestehend aus Experten aus dem Bildungsbereich, Wissenschaftlern, professionellen Astronomen, Historikern, wissenschaftlichen Schriftstellern und Verlagen. Unter neuen wissenschaftlichen Annahmen ist eine verbesserte Definition von Planeten erforderlich geworden (vgl. IAU, 2006). Folglich wurden mehrere Merkmale festgehalten, die ein Himmelskörper aufweisen muss, um ihn in die Kategorie eines Planeten aufnehmen zu können.

Ein Planet muss deshalb:

- Einen Stern umkreisen, darf aber selbst nicht um einen anderen Körper kreisen
- Genug Masse besitzen, damit seine Selbstgravitation ein hydrostatisches Gleichgewicht entwickeln kann. Daraus resultiert dann eine (fast) runde Form des Planeten
- Seine Umlaufbahn von anderen Himmelsobjekten befreit haben

Wenn alle drei Merkmale zutreffen, kann das Objekt als Planet bezeichnet werden. Falls nur die ersten beiden Punkte zutreffen, spricht man von einem Zwergplaneten, zu welchem Pluto im Zuge dieser Generalversammlung 2006 zugeordnet worden ist (vgl. Lesch, 2010, S. 9).

2.3 Aufbau der Sonne

Bevor die Funktionsweise der Sonne erklärt werden kann, muss der Aufbau unseres nächsten zentralen Sterns genauer betrachtet werden. Dabei hilft die schematische Darstellung der unterschiedlichen Schichten der Sonne, wie in Abbildung 2 gezeigt wird.

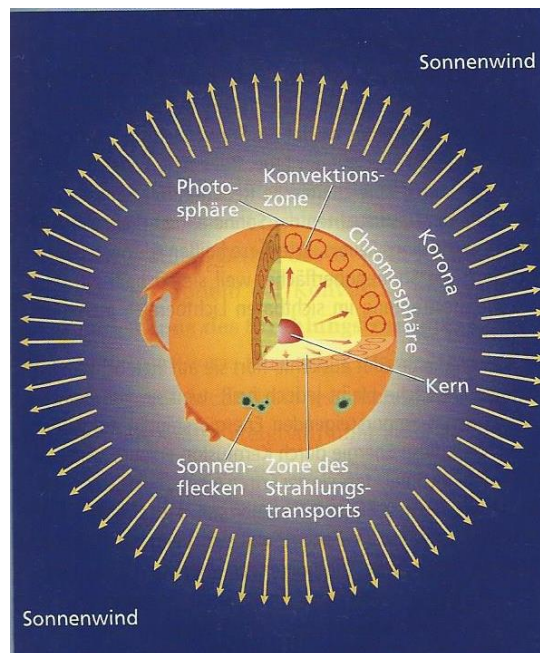


Abbildung 2: Schematischer Aufbau der Sonne.³

Im Gegensatz zu unserer Erde, hat die Sonne einen mehr als 100-mal größeren Durchmesser. Ihre chemische Zusammensetzung ist in der aktuellen Forschung der Astrophysik nicht eindeutig geklärt. Sind die Astrophysiker davon ausgegangen, dass die Sonne aus circa 70 % Wasserstoff, 28 % Helium und circa 2 % schwereren Elementen besteht (vgl. Lesch, 2010, S. 700), zeigt eine andere Untersuchung des Astrophysikers Martin Asplund (2009), dass nur circa 1,3 % schwerere Elemente in der Sonne vorkommen. Der Rest des chemischen Aufbaus der Sonne macht knapp 74 % Wasserstoff und circa 25 % Helium aus (vgl. Asplund, 2009, S. 30-32, S. 46).

Wie schon bei der Definition eines Sterns erwähnt wurde, besteht unsere Sonne aus heißem Gas. Aufgrund ihrer extrem hohen Temperatur ionisiert dieses Gas, wodurch man von Plasma spricht. Der Unterschied zwischen einem normalen Gas und einem Plasma ist die Fähigkeit, aufgrund der freibeweglichen Elektronen und der vielen positiv geladenen Ionen magnetische

³ Bildquelle: (Lesch, 2010, S. 699).

Felder zu erzeugen. Diese magnetischen Felder werden im nachfolgenden Kapitel für die Entstehung der Sonnenflecken und der Protuberanzen von Bedeutung sein. Ähnlich wie der schichtartige Aufbau der Erde, ist auch jener der Sonne in verschiedene Bereiche eingeteilt. Die unterschiedlichen Schichten der Sonne unterscheiden sich in ihrer Temperatur und Dichte. In den nachstehenden Unterkapiteln wird der Aufbau der Sonne von den äußeren Schichten bis zum Kern genauer erklärt.

Korona

Die Korona ist der oberste Teil der Sonnenatmosphäre und reicht mehrere Sonnenradien weit von der Sonnenoberfläche in das Weltall hinein (vgl. Unsöld; Baschek, 2005, S. 234). Ihre Temperatur liegt zwischen ein bis zwei Millionen Kelvin (K) und ist im Vergleich zur Sonnenoberfläche extrem hoch. Diese Schicht der Sonnenatmosphäre ist für den Großteil der solaren Röntgenstrahlung verantwortlich. Im Gegensatz zur Sonnenoberfläche besitzt die Korona eine schwache Leuchtkraft. Dadurch ist sie für uns mit freiem Auge auch nur in speziellen Situationen sichtbar. Als Beispiel kann die totale Sonnenfinsternis angeführt werden, bei der die Sonne vom Mond verdeckt und damit die sehr schwach leuchtende Korona sichtbar wird. Normalerweise überstrahlt die Sonne die Korona, wodurch sie für uns nur mit optischen Instrumenten, die das Licht in anderen Spektralbereichen filtern, sichtbar wird. Die Dichte der Korona ist im Vergleich zu den anderen Schichten der Sonne gering. Vermutungen in den astrophysikalischen Fachkreisen gehen davon aus, dass die extremen Temperaturwerte der Korona aufgrund von Schallwellen aus dem Inneren der Sonne hervorgerufen werden. Bewiesen oder widerlegt werden konnte diese Vermutung bisher aber noch nicht (vgl. Tipler, 1998, S. 1449).

Chromosphäre

Die Chromosphäre liegt zwischen der Korona und der Photosphäre und bildet den Mittelteil der Sonnenatmosphäre. Dieser Bereich der Sonne hat eine Temperatur von circa 10.000 Kelvin. In dieser Schicht wird der größte Teil der ultravioletten Strahlung, die wir mit freiem Auge ebenfalls nicht wahrnehmen können, ausgesandt. Mit entsprechenden Filtern können die verschiedenen Spektralebenen der Sonne aber sichtbar gemacht werden. Die Temperatur nimmt vom Sonneninneren bis zur Sonnenoberfläche kontinuierlich ab. Dass die Temperatur in der Chromosphäre und der Korona wieder ansteigt, liegt am Magnetfeld der Sonne. Die Magnetfeldlinien transportieren Energie in die oberen Bereiche der Sonnenatmosphäre, in der sie in

Wärme umgewandelt und an das umliegende Plasma in der Chromosphäre und der Korona abgegeben wird (vgl. Lesch, 2010, S. 715). Der letzte Bereich der Sonnenatmosphäre und der unterhalb der Chromosphäre liegende Teil ist die Photosphäre.

Photosphäre

Die Photosphäre der Sonne stellt für uns irdische Beobachter eine scharfe Grenze zwischen der Sonnenatmosphäre und dem Sonneninneren dar. Sie wird damit als die sichtbare Oberfläche der Sonne wahrgenommen. Anhand dieser scharfen Abgrenzung schließen die Astrophysiker auf eine relativ dünne Photosphäre der Sonne. Laut Berechnungen geht man heute davon aus, dass die Photosphäre nicht dicker als 700 km sein kann, was somit weniger als 0,1 % des Sonnenradius ausmacht (vgl. Tipler, 1998, S. 1447f). Das Max-Planck-Institut für Sonnenforschung hat 2009 in einer Forschungsinformation die Dicke der Photosphäre mit 400 km angegeben (vgl. Max-Planck-Institut, 2009, S. 1). Die Temperatur in dieser Schicht, die dünner als die Erdatmosphäre ist, liegt bei circa 5.500 - 6.000 Kelvin. Der Strahlungsbereich der Photosphäre reicht über den gesamten Wellenlängenbereich, von Gammastrahlen (10^{-13}m) bis hin zu Radiostrahlen (10 m). Ihr Intensitätsmaximum weist die Sonne jedoch in dem für uns sichtbaren gelben Bereich auf, das circa 500 Nanometer entspricht (vgl. Hanslmeier, 2007, S. 215). Da das abgestrahlte Sonnenlicht den gesamten Wellenlängenbereich abdeckt, erscheint es für uns weiß. Mit Hilfe eines Prismas oder während eines Regenbogens kann das Sonnenlicht in seine einzelnen Spektralfarben aufgebrochen werden.

Eine Analogie, um sich die Photosphäre anschaulicher vorzustellen ist, dass sich die Oberfläche der Sonne wie ein brodelnder Topf Wasser verhält. Heiße Gasblasen steigen auf und kühlere sinken wieder ab. Es herrscht damit immer Bewegung auf der Sonnenoberfläche. Dieses Phänomen wird in der Astrophysik als Granulation bezeichnet. Die einzelnen „*Blasen*“ der Granulation bestehen für einige Minuten und erreichen eine Ausdehnung von bis zu 1.000 km. In Abbildung 3 wird die Granulation auf der Sonnenoberfläche dargestellt. Die Photosphäre ist auch der Ort der Sonne, wo Sonnenflecken auftreten.

Konvektionszone und Kern

Die Konvektionszone ist für die Bewegung und den Transport von Energie vom Inneren der Sonne zur Photosphäre verantwortlich. Durch Aufsteigen von heißem Gas und dem Absinken von kühlem Gas wird die Energie an die Sonnenoberfläche transportiert. Die Konvektion ist auch der Grund für das scheinbar siedende Verhalten an der Photosphäre. Hier ist das Plasma in reger Bewegung. In der Zone des Strahlungstransports ist das Plasma ruhiger und die Energie wird vornehmlich durch Photonen in die äußeren Schichten der Sonne transportiert. Die Temperatur steigt in dieser Zone wieder auf über zehn Millionen Kelvin.

Der Kern der Sonne ist mit circa 15 Millionen Kelvin noch heißer. Der Kern ist die Energiequelle der Sonne, denn dort findet die Kernfusion statt. Auch die Dichte und der Druck steigen im Inneren der Sonne enorm an, so ist die Dichte 100-mal höher als von Wasser und der Druck 200 Milliarden-mal größer als auf der Erdoberfläche. Die Energie die wir von der Sonne erhalten ist für uns selbstverständlich. Tatsächlich braucht die Energie um vom Kern der Sonne bis zu ihrer Oberfläche zu gelangen mehrere Hunderttausend Jahre (vgl. Lesch, 2010, S. 701.). Der Grund dafür sind die zufälligen Stoßprozesse zwischen den Teilchen im Sonneninneren.

2.4 Oberfläche der Sonne

Sonnenflecken

Sonnenflecken und Protuberanzen stellen für die Astrophysiker wichtige Phänomene auf der Oberfläche der Sonne dar. Sonnenflecken sind Bereiche der Photosphäre, die nicht so heiß sind wie ihre direkte Umgebung. In diesem Kontext bedeutet dies circa 4.000 – 4.500 K, wohingegen die umliegenden Gebiete der Sonnenoberfläche circa 5.500 – 6.000 K aufweisen. In Abbildung 3 ist ein Sonnenfleck dargestellt. Durchschnittlich existieren Sonnenflecken einige Tage und treten zum Teil in Gruppen, vornehmlich aber in Paaren auf. Doch wie entstehen Sonnenflecken auf der Oberfläche? Normalerweise würde sich das Gas schnell durchmischen und die Sonnenflecken würden verschwinden. Das Magnetfeld der Sonne verhindert dabei eine schnelle Durchmischung.

Sonnenflecken sind folglich Orte auf der Sonnenoberfläche, die ein besonders starkes Magnetfeld aufweisen. Magnetfelder werden durch Magnetfeldlinien beschrieben, entlang denen sich die geladenen Teilchen bewegen. Wie bei einem Magneten treten Sonnenflecken meist in Paaren auf, da die Magnetfeldlinien geschlossen sein müssen, siehe Abbildung 4. In diesem

bogenförmigen Magnetfeld zwischen zwei Sonnenflecken, kann ionisiertes Gas aus der Chromosphäre oder der Korona eingeschlossen werden. Dieses Phänomen nennt man Protuberanzen, das im nächsten Kapitel besprochen wird. Die Magnetfelder unterbinden die Konvektion, wodurch es überhaupt möglich wird, dass diese Gebiete kühler als ihre Umgebung werden können. Erst wenn das Magnetfeld schwächer wird, kann das umliegende heißere Plasma eindringen und die Sonnenflecken verschwinden (vgl. Lesch, 2010, S. 712ff).

Wie man heute weiß ist die Sonne kein ruhender Stern, sondern ständig in Bewegung - sie rotiert. Sie rotiert aber nicht überall gleich schnell. Man spricht daher von einer differentiellen Rotationsbewegung. Die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne ist am Äquator schneller als an ihren Polen. Durch den Konvektionsstrom, der durch den Transport von elektrischen Ladungsträgern im leitungsfähigen Plasma entsteht, bildet sich das Magnetfeld der Sonne. Die differentielle Rotation der Sonne führt dazu, dass die Magnetfeldlinien zu Schläuchen verzerrt werden. Es kann dazu kommen, dass diese Schläuche sich aus der Oberfläche der Sonne herausstülpen. An den Ein- und Austrittsstellen der Schläuche entstehen dann die Sonnenflecken. Die Flecken sind also eine direkte Folge der Rotationsbewegung und des Magnetfeldes der Sonne. Ein wiederkehrender Zyklus von circa elf Jahren beschreibt Minima und Maxima der Sonnenflecken auf der Sonnenoberfläche. Ihre Zahl variiert daher stark und ist ein Kennzeichen für die Sonnenaktivität (vgl. Tipler, 1998, S. 1452).

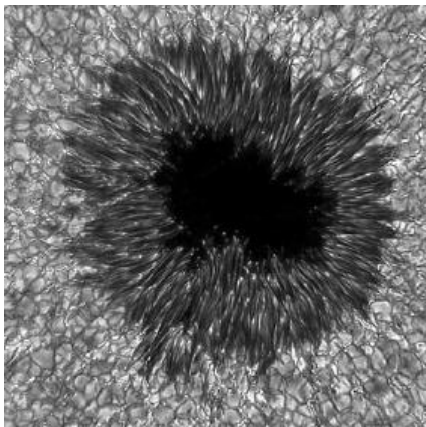
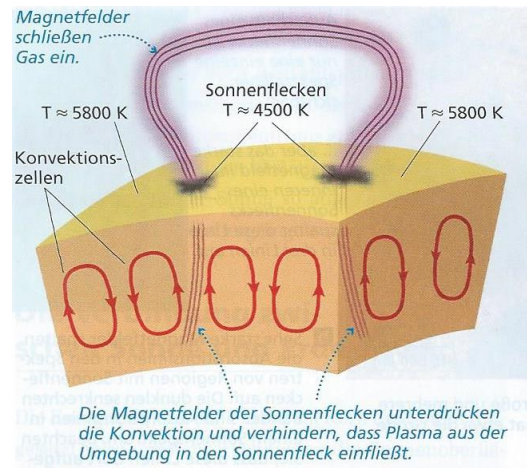


Abbildung 3: Der dunkle Teil der Sonnenoberfläche stellt einen Sonnenfleck dar. Um den Sonnenfleck kann die sogenannte Granulation der Sonnenoberfläche betrachtet werden.⁴

⁴ Bildquelle: (Demtröder, 2010, S. 334).

Abbildung 4: Schematische Darstellung der Sonnenflecken und der bogenförmigen Protuberanzen.⁵



Protuberanzen

Eine Definition von Protuberanzen liefert Hanslmeier, wenn er sie als „*Materiewolken in der Korona*“ (vgl. Hanslmeier, 2007, S. 223) bezeichnet. Das bedeutet, Materie aus der Sonnenmasse, genauer der Chromosphäre und der Korona, wird zwischen den Magnetfeldlinien eingeschlossen und auf einer bogenförmigen Bahn gehalten. Protuberanzen können aber auch, wie in Abbildung 6 gezeigt wird, eine blätterartige Form annehmen, die nur einen Austrittspunkt aufweisen. Die Temperatur der Materieausstöße reicht von 6.000 – 10.000 K und ist damit circa 100-mal kühler als die umgebende Korona (vgl. Voigt, 2012, S. 210). Wie bei den Sonnenflecken wird auch die Intensität und Häufigkeit der Protuberanzen von dem Elf-Jahres-Zyklus beeinflusst.

Es wird in der Astrophysik zwischen zwei Arten von Protuberanzen unterschieden. Zum einen gibt es ruhende Protuberanzen, die sich über ihre Langlebigkeit bis zu einem Jahr und ihre spezielle blattartige Form auszeichnen. Sie werden bis zu 7.000 km dick, erreichen eine maximale Höhe von 40.000 km und ziehen sich über eine Strecke von fast 200.000 km über die Sonnenoberfläche. Sie haben oft nur eine Austrittsstelle in der Photosphäre und bilden keinen richtigen Bogen, wie man es von Abbildung 5 kennt.

⁵ Bildquelle: (Lesch, 2010, S. 714).

Zum anderen gibt es aktive Protuberanzen, die man mit Sonnenflecken in Verbindung bringt und eine typische Bogenform annehmen. In solch gigantischen Auswürfen, wie in Abbildung 5 dargestellt, würde die Erde mehr als 20-mal gestapelt hineinpassen. Wie bei den Sonnenflecken lösen sich Protuberanzen erst auf, wenn das Magnetfeld, das die Sonnenmaterie gefangen hält, schwächer wird und das Gas wieder freigibt. Der typische Bogen bildet sich zwischen den beiden magnetischen Polen der Sonnenflecken und schafft somit eine Verbindung. Falls es sich um eine explosionsartige und eruptive Protuberanz handelt, die weit in den Weltraum hinausreicht, spricht man von einem „*koronalen Massenauswurf*“ (vgl. Voigt, 2012, S. 213).

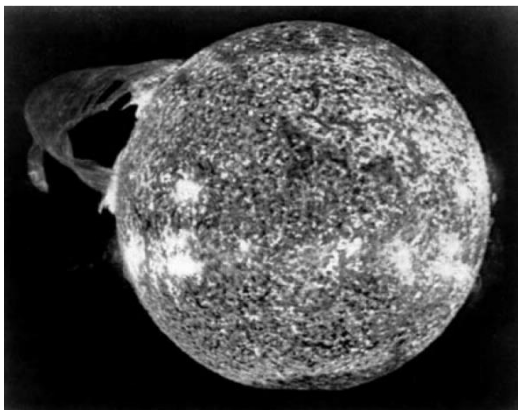


Abbildung 5: Eruptive Protuberanz mit Bogenform.⁶

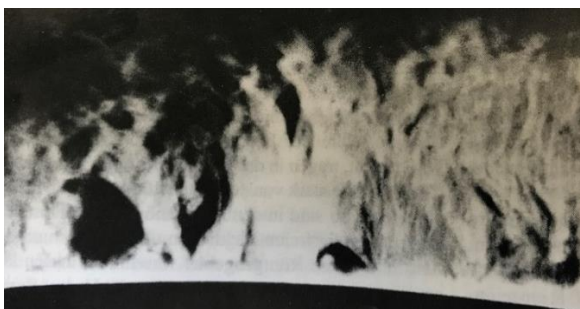


Abbildung 6: Bild von „*ruhenden*“ Protuberanzen.⁷

⁶ Bildquelle: (Demtröder, 2010, S. 339).

⁷ Bildquelle: (Unsöld; Baschek, 2005, S. 238).

2.5 Kernfusion der Sonne

Auf der Erde sind wir mit unseren technologischen Mitteln im Stande durch Kernspaltung, der Umkehrprozess der Kernfusion, Energie zu erzeugen. Erst allmählich schreitet das Projekt eines Fusionsreaktors zur Energieerzeugung auf der Erde voran, siehe „*Joint European Torus*“ (JET) und „*International Thermonuclear Experimental Reactor*“ (ITER). Die Sonne hingegen erzeugt ihre Energie durch Fusion von Atomkernen in ihrem Kern schon seit Milliarden Jahren. Ohne die Energie, die durch die Kernfusion der Sonne erzeugt wird, wäre kein Leben auf der Erde möglich.

Der Kern ist dem Namen nach nicht fest sondern, aufgrund seiner extrem hohen Dichte, stark komprimiert und befindet sich wie der Rest der Sonne im Plasmazustand, welches sich wiederum aus Gasen wie Helium und Wasserstoff zusammensetzt. Der Druck im Kern wird durch die zum Sonneninneren gerichtete Gravitation erzeugt. Der durch die Kernfusion erzeugte Druck wirkt der Gravitation entgegen, wodurch sie einen stabilen Zustand erreichen kann. In einem vorangegangenen Kapitel wurde erwähnt, dass sich im Plasma der Sonne viele positiv geladene Ionen befinden. In diesem, im Kern 15 Millionen Kelvin, heißen Plasma fliegen die positiv geladenen Kerne mit großer Geschwindigkeit umher. Wie wir aus der Elektrostatik wissen, stoßen sich gleichnamige Ladungsträger ab und ungleichnamige ziehen sich an. Um die elektromagnetische Kraft zwischen den gleichnamigen geladenen Kernen zu überwinden, muss die kinetische Energie der Teilchen die aufeinander zufliegen groß genug sein. Kommen sich nun zwei Atomkerne nahe genug und besitzen genügend kinetische Energie ist es möglich, dass sie die abstoßende Coulombkraft überwinden und miteinander verschmelzen (vgl. Meschede, 2010, S. 935).

Dieses Prinzip findet sich auch im Inneren der Sonne wieder. Die Kraft, die zwischen Protonen und Neutronen in einem Atomkern wirken und sie zusammenhält nennt man auch „*Starke Kraft*“. Sie wird „*eher wie Klebstoff oder ein Klettband*“ (vgl. Lesch, 2010, S. 702) beschrieben. Ihre Reichweite ist aber auf Atomgröße beschränkt. Der extreme Druck und die enorme Temperatur im Sonneninneren sind notwendig, um zum einen das Plasma in der Sonne halten zu können und zum anderen, damit die herumfliegenden Teilchen genügend kinetische Energie besitzen, um einen Zusammenstoß und damit eine Kernfusion ermöglichen zu können. Je höher die Temperatur, desto höher ist also die Wahrscheinlichkeit einer Kernfusion.

Die Kernfusion in der Sonne wird in der Literatur und der Wissenschaft auch als Proton-Proton-Zyklus bezeichnet, da der Prozess mit dem Verschmelzen zweier Protonen beginnt. In Abbildung 7 werden die einzelnen Schritte der Kernfusion im Inneren der Sonne grafisch dargestellt. Ein Wasserstoffatom besteht aus einem Proton und einem Elektron. Um einen Helium-4-Kern mit zwei Protonen und zwei Neutronen zu erzeugen, müssen insgesamt vier Wasserstoffkerne verschmelzen. Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, werden Schritt 1 und Schritt 2 wiederholt, um am Ende einen Helium-4-Kern zu bekommen.

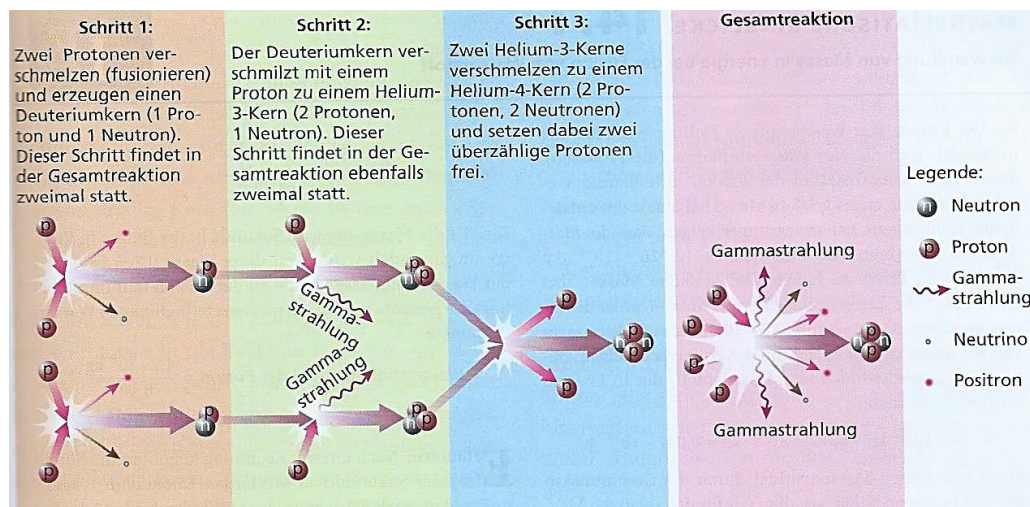


Abbildung 7: Schematischer Ablauf der Kernfusion im Sonneninneren.⁸

Im ersten Schritt verschmelzen zwei einzelne Protonen, also zwei Wasserstoffkerne, und bilden dadurch einen Deuteriumkern. Deuterium ist ein Wasserstoffisotop, es besitzt die gleiche Ordnungszahl, also gleich viele Protonen im Kern wie ein normales Wasserstoffatom, hat aber eine unterschiedliche Neutronenanzahl. Dadurch wandelt sich bei diesem ersten Prozess ein Proton in ein Neutron um, wodurch die Gesamtladung statt +2 auf +1 reduziert wird. Die zwei Abspaltungsprodukte bei diesem ersten Schritt sind ein Positron⁹ und ein Neutrino¹⁰ mit neutraler Ladung. Um am Ende einen Helium-4-Kern zu bilden, muss dieser erste Schritt zweimal stattfinden, da insgesamt vier Wasserstoffkerne benötigt werden.

Während des zweiten Schrittes trifft der zuvor entstandene Deuteriumkern mit einem weiteren Proton zusammen, wodurch ein Helium-3-Kern entsteht. Unter Aussendung von Gammastrahlung ist nun ein Helium-3-Kern mit zwei Protonen und einem Neutron gebildet worden. Dieser Schritt muss ebenfalls zweimal stattfinden. Im dritten und letzten Schritt der Kernfusion treffen zwei Helium-3-Kerne aufeinander und bilden somit einen Helium-4-Kern. Dieser

⁸ Bildquelle: (Lesch, 2010, S. 703).

⁹ Ein Positron ist ein elektrisch positiv geladenes Elektron.

¹⁰ Ein Neutrino ist ein elektrisch neutral geladenes Elementarteilchen (vgl. Giancoli, 2010, S. 1420f).

besitzt zwei Protonen und zwei Neutronen. Da jeder der beiden Helium-3-Kerne zwei Protonen und ein Neutron aufweist, findet die Fusion unter Aussendung zweier Protonen statt. Doch woher kommt die Energie der Sonne? Helium besitzt eine etwas geringere Masse als die Summe der vier in dem Prozess benötigten Wasserstoffkerne. Man spricht dabei auch vom Massendefekt. Die Energiedifferenz aus dem Massenunterschied kann durch Einstein und seine Formel $E = mc^2$ berechnet werden. Einfacher gesagt wird Masse in Energie umgewandelt, die in Form von elektromagnetischer Strahlung freigesetzt wird.

Wie schon erwähnt, fasst die in Abbildung 7 dargestellte Skizze den Fusionsprozess zusammen. Insgesamt werden vier Protonen zu einem Heliumkern unter Freisetzung von Energie verschmolzen. Die Energie wird durch die subatomaren Teilchen, zum Beispiel Neutrinos und Positronen, sowie durch die Gammastrahlung abtransportiert. Laut Lesch wird im Kern der Sonne *„pro Sekunde etwa 600 Millionen Tonnen Wasserstoff in 596 Millionen Tonnen Helium“* (vgl. Lesch, 2010, S. 705) umgewandelt. Folglich werden pro Sekunde 4 Millionen Tonnen Sonnenmaterie in Energie umgewandelt. Seit ihrer Entstehung hat die Sonne Berechnungen zu Folge circa 50 % ihres Wasserstoffes für die Kernfusion aufgewendet (vgl. Hanslmeier, 2007, S. 213). Für den Lebenszyklus der Sonne bedeutet das, dass sie circa die Hälfte ihrer Lebensspanne erreicht hat. Sie befindet sich schon seit circa 4 Milliarden Jahren in der Hauptgruppe des H-R-Diagramms und wird dort vermutlich weitere 4-5 Milliarden Jahre bleiben, bis sie zu einem Roten Riesen wird.

2.6 Licht- und Wärmetransport von der Sonne zur Erde

Nachdem die Kernfusion erklärt wurde, muss der Licht- und Wärmetransport der Sonne genauer betrachtet werden. Dabei sind drei Prozesse wichtig. Die Energie, die während des Fusionsprozesses im Kern der Sonne entstanden ist und durch Photonen transportiert wird, gelangt nur mühsam an die Sonnenoberfläche und anschließend auf die Erde. Die Photonen bahnen sich, in sogenannten *„random walks“* (vgl. Lesch, 2010, S. 708) (dt. Zufallsbewegung), ihren Weg aus dem Sonneninneren an die Photosphäre. Diese Zufallsbewegungen entstehen durch Zusammenstöße von Photonen und Elektronen. Dadurch können sie nur in sehr kleinen Schritten und in zick-zack-förmigen Bewegungen vorankommen. Durchschnittlich braucht ein Photon durch diesen unregelmäßigen Kurs aus dem Sonnenkern an ihre Oberfläche 100.000 Jahre. Zum Vergleich braucht das Licht von der Sonnenoberfläche bis zu uns auf die Erde acht Minuten.

Sobald die Teilchen an die Grenze zwischen dem Sonneninneren und der Konvektionszone treffen, werden sie vom Plasma absorbiert und durch Konvektion an die Sonnenoberfläche transportiert. Diese Grenze markiert zudem einen Temperaturabfall zwischen dem Sonneninneren und der Konvektionszone. Nach der Konvektionszone werden die Photonen in der Photosphäre in alle Richtungen geradlinig ins Weltall abgestrahlt, wo sie auf die Erde und andere Himmelskörper in ihrer Umgebung treffen, die dadurch mit Licht und Wärme versorgt werden.

Die Energie der Sonne ist in elektromagnetischer Strahlung gespeichert. Bei der Kernfusion wird Gammastrahlung erzeugt. Diese Strahlung interagiert auf dem Weg zur Sonnenoberfläche mit Elektronen, es kommt zum Beispiel zu Stoßprozessen, wodurch die elektromagnetische Gammastrahlung Energie verliert und sich folglich auch ihre Wellenlänge ändert. In der Konvektionszone erreicht die elektromagnetische Strahlung die Wellenlängen von Ultraviolett und Infrarot. Erst in der Photosphäre wird die bis dahin für uns unsichtbare Strahlung in sichtbares Licht umgewandelt. Mit Hilfe von Filtern, die an einem Teleskop angebracht werden, ist es möglich, bestimmte Wellenlängen des Lichtspektrums der Sonne zu entfernen und dadurch bestimmte Wellenlängen sichtbar zu machen. Auch ein Infrarotbild der Sonne ist damit konstruierbar. Infrarotstrahlung kann aber auch zum Beispiel mit einem Thermografen beobachtet werden, der bei der Hausdämmung Anwendung findet. Die Infrarotstrahlung erstreckt sich im Spektralbereich mit einer Wellenlänge von 1 mm bis 780 nm. Zum Vergleich liegt Ultraviolett-Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 1 nm. Der als sichtbares Licht bezeichnete Wellenlängenbereich erstreckt sich zwischen 780 nm (Rot) bis 380 nm (Violett).

Zusammenfassend kann die Sonne als durchschnittlich großer Stern im Zentrum unseres Sonnensystems angesehen werden. Sie ist ein heißer Gasball, der aus mehreren Schichten, ähnlich wie die Erde, aufgebaut ist. Die Schichten unterscheiden sich durch ihre Temperatur und ihre Dichte. Dabei kann grundsätzlich angenommen werden, dass Temperatur und Dichte zum Kern zunehmen (vgl. Demtröder, 2010, S. 321f). Eine Ausnahme stellt die Korona dar, bei welcher die Dichte relativ gering und die Temperatur sehr hoch ist. Im Inneren der Sonne wird durch Kernfusion Energie erzeugt. Aus vier Wasserstoffkernen wird in mehreren Schritten ein Helium-4-Kern gebildet. Die Energie, die bei diesem Prozess entsteht, wird durch Strahlung und Konvektion vom Kern an die Oberfläche der Sonne transportiert. Dabei wandert sie zuerst durch die Zone des Strahlungstransports, anschließend durch die Konvektionszone und wird an der Photosphäre als sichtbares Licht emittiert. Die Sonne ist somit für uns die einzige Licht- und damit auch Lebensquelle. Aufgrund ihrer Nähe stellt sie ein gutes und wichtiges stellares Beobachtungsobjekt für uns dar.

3. Fachdidaktische Grundlagen

3.1 Astronomie im österreichischen Lehrplan

Nachdem die fachwissenschaftlichen Grundlagen näher beleuchtet wurden, soll die Fachdidaktik in den Vordergrund treten. Bevor die aktuelle Forschung der Physikdidaktik in Bezug auf Concept Cartoons, Schülervorstellungen im Allgemeinen und konkret zur Sonne betrachtet wird, sollte der österreichische Lehrplan für Physik, dem eine zentrale Rolle zukommt, im Kontext der Astronomie beleuchtet werden. Der Lehrplan dient als grobe Orientierung, welche Unterrichtsinhalte in einen gewissen Rahmen einzubetten sind. Für diese Arbeit ist daher relevant, inwieweit astronomische Themen, allen voran die Sonne, im österreichischen Lehrplan verankert, sind. Die zugrundeliegenden physikalischen Themenbereiche der angewandten Concept Cartoons sollen nachfolgend mit dem Lehrplan für Physik, für die Unter- und Oberstufe eines Gymnasiums, abgeglichen werden.

Der Lehrplan für Physik wird in drei Teile gegliedert:

1. Bildungs- und Lehraufgabe
2. Didaktische Grundsätze und
3. der eigentliche Lehrstoff, der den Schülerinnen und Schüler vermittelt werden soll

Ein eigenständiges Kapitel zur Astronomie sucht man im österreichischen Lehrplan vergebens, dennoch kommen alle für die Astronomie relevanten Themenbereiche vor. Der Physikunterricht leistet seinen erzieherischen Beitrag nicht nur im Rahmen des Fachunterrichtes, sondern schult die Schülerinnen und Schüler in einem weiter gefassten Denken. Dabei soll die *„Anwendung physikalischer Aussagen bei der Interpretation philosophischer und religiöser Erklärungsversuche über den Ursprung und die Entwicklung des Universums“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) herangezogen werden. Dieser Punkt fällt unter den Aufgabenbereich der Schule.

Im Lehrplan für die Unterstufe der Allgemein Bildenden Höheren Schulen (AHS) sollen die Schülerinnen und Schüler in der 3. Klasse *„modellartig verschiedene Formen des Wärmetransports und wichtige Folgerungen erklären können; Wärmeleitung, Wärmeströmung, Wärmestrahlung“*, sowie *„die Bedeutung der Wärmeenergie für Lebewesen in ihrer Umwelt und ihrem wirtschaftlichen und ökologischen Zusammenhang erkennen“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000). Dieser Punkt ist auch für die naturwissenschaftliche Betrachtung der Sonne von

Bedeutung und notwendig, um den Wärmetransport der Sonne auf die Erde verstehen zu können.

In der 4. Klasse Unterstufe sollen die Schülerinnen und Schüler dann ein tieferes Verständnis der *„Bewegungen von Planeten und Satelliten“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) bekommen. Im Bereich der Radioaktivität wird explizit der Begriff Sonne benutzt, wenn es heißt *„ausgehend von Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler und Schüler soll ein grundlegendes Verständnis [...] für Vorgänge bei der Energieumsetzung in der Sonne, in Sternen und bei Kernreaktionen (Kernfusion, Kernspaltung)“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) erlangt werden. Ebenfalls wird das Konzept des Magnetismus angesprochen, wodurch die Schülerinnen und Schüler zwischen Elektrostatik und Elektrodynamik unterscheiden lernen. In diesen drei Unterkapiteln des Physiklehrplans für die AHS-Unterstufe werden die für die Sonne zentrale Kernfusion, der Wärmetransport innerhalb und außerhalb der Sonne und die elektrodynamischen Grundlagen für Phänomene auf der Sonnenoberfläche thematisiert. Wie es in dem Lehrplan weiter heißt, soll vor allem *„ausgehend von konkreten Beobachtungen beziehungsweise Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler und Schüler unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten jeweils die zu Grunde liegenden physikalischen Inhalte erarbeitet“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) werden. Die Sonne kann unter dem Begriff Alltagserfahrungen eingeordnet werden und als Kontextualisierung für die Erarbeitung der physikalischen Konzepte dienen, ohne dass ein eigenes Kapitel Astronomie eingeführt werden muss.

In der AHS-Oberstufe sind grundsätzlich das in der Unterstufe erworbene Wissen und die erworbenen Fertigkeiten/Fähigkeiten *„altersadäquat weiter zu entwickeln und zu vertiefen.“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000). Im Rahmen der 5. und 6. Klasse sollen die Schülerinnen und Schüler *„unsere Stellung im Universum einschätzen können“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000). Zusätzlich soll die Lehrkraft bei den Schülerinnen und Schüler ein *„Verständnis für Vorgänge, beispielsweise (...) bei den Planetenbewegungen, entwickeln“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000). Weiters soll in der 7. und 8. Klasse *„Licht als Überträger von Energie“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) begriffen werden. Das physikalische Prinzip der magnetischen Felder wird aus der 4. Klasse noch einmal aufgenommen und vertieft. Ein weiterer Themenbereich, der sich mit Astronomie im weiteren Sinn beschäftigt, ist der *„Strahlungshaushalt der Erde“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000). Wie schon in der Unterstufe wird auch in der Oberstufe das Konzept der Kernphysik aufgegriffen. Dabei soll die *„Energiequelle der Sonne“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) thematisiert werden. Auch im Zusammenhang zwischen Raum und Zeit wird den Schülerinnen und Schüler ein Einblick in die Astronomie geboten und der *„Aufbau und Entwicklung des Universums“* (vgl. Bundesministerium für Bildung, 2000) besprochen.

Zusätzlich zum Lehrplan wird seit Oktober 2011 ein vom Bundesministerium für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des Bildungswesens (bifie) entwickeltes Kompetenzmodell für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer in der Schule eingesetzt. Das erste Modell bezieht sich auf die 8. Schulstufe (4. Klasse Unterstufe) und ist für die Fächer Biologie, Chemie und Physik in drei Bereiche - Anforderungsdimension, Handlungsdimension und Inhaltsdimension - aufgeteilt. Die Handlungskompetenzen (H) spiegeln die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler wieder, die sie im Bezug zum naturwissenschaftlichen Unterricht erlernen sollen. In den drei Unterbereichen „*Wissen organisieren (W)*“, „*Erkenntnisse gewinnen (E) und Schlüsse ziehen (S)*“ (vgl. bifie 2011) wird diese Handlungsdimension genauer behandelt. Diese Kompetenzen sollen von den Kindern jeweils alleine oder in Gruppen erarbeitet werden. Die Handlungsdimension beschreibt ihre Ziele allgemein und ist deshalb für alle physikalischen Teilbereiche anwendbar. Das gilt ebenfalls für die Anforderungsdimension (N), die in drei Stufen eingeteilt ist. Die dritte Dimension beschreibt den Inhalt der einzelnen Fächer in dieser Schulstufe genauer.

Für die Astronomie und speziell für die Sonne ist die Inhaltsdimension (I), aufgrund ihrer Nähe zum Physiklehrplan, genauer zu betrachten. Im Bereich Mechanik (P1) sind die „*Energieformen und deren Umwandlung*“ (vgl. bifie 2011) für das physikalische Verständnis der Sonne wichtig. Bei „*Elektrizität und Magnetismus*“ (P2) ist das Konzept des Magneten wichtig. Die „*Wärmelehre*“ (P3) beschäftigt sich ebenfalls mit der „*Umwandlung von innerer Energie in andere Energieformen*“ (vgl. bifie 2011) und im Bereich der Optik (P4) ist die „*Zerlegung von Licht: sichtbare, infrarote und ultraviolette Strahlung*“ (vgl. bifie 2011) für die Sonne von Bedeutung. Zusätzlich ist im Themenbereich „*Aufbau der Materie*“ (P5) der „*Unterschied zwischen Kernfusion und Kernspaltung*“ (vgl. bifie 2011) mit den Schülerinnen und Schüler herauszuarbeiten.

Das zweite Modell betrifft die AHS Oberstufe und ist nicht von bifie, sondern vom „*Austrian Educational Competence Centre Physics*“ (AECC) der Universität Wien ausgearbeitet worden. Es baut auf dem Modell der Unterstufe auf und liefert die Grundlage für den Kompetenzkatalog für Physik in der Oberstufe, der zur mündlichen Matura in Physik führen soll. Die Handlungsdimensionen und die Anforderungsniveaus entsprechen dem der Unterstufe. Generell kann gesagt werden, dass die Kompetenzen auf Basis der Unterstufe vertieft werden. So soll zum Beispiel „*Licht als Überträger von Energie*“ (vgl. Hopf et al., o. J.) verstanden werden, indem „*Datenblätter unterschiedlicher Leuchtmittel, (...) auch mit der Sonne*“ (vgl. Hopf et al., o. J.) verglichen werden. Außerdem sollen im Rahmen „*Aufbau und Entwicklung des Universums*“ die Schülerinnen und Schüler die Kompetenz erwerben, „*Aussagen im Bereich der Kosmologie analysieren und naturwissenschaftliche von nicht naturwissenschaftlichen Aussagen unterscheiden*“ (vgl. Hopf et al., o. J.) zu können. Hier kann zusätzlich noch angeführt werden, dass

die „Energiequelle der Sonne“ (vgl. Hopf et al., o. J.) einen eigenen Punkt einnimmt. In den Bereichen der Thermo- und der Elektrodynamik wird der Kontext der Astronomie beziehungsweise der Sonne nicht explizit angeführt. Nichtsdestotrotz ist es möglich, auch in der Oberstufe der AHS die Sonne zur Vermittlung physikalischer Grundkonzepte zu kontextualisieren. Das hier angeführte zweite Modell der Oberstufe stellt einen Leitfaden dar.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der österreichische Lehrplan für das Unterrichtsfach Physik an der AHS-Unter- und Oberstufe die Thematik der Astronomie zwar nicht namentlich nennt, aber in vielen unterschiedlichen Themenbereichen, unter anderem in der Optik, im Magnetismus, in der Mechanik, in der Kernphysik und der Thermodynamik, ihre zugrundeliegenden zentralen Konzepte behandelt. Den Schülerinnen und Schülern wird dadurch die Möglichkeit geboten, im Zuge der Kontextualisierung einzelner physikalischer Konzepte ein grundlegendes Verständnis des Universums, unseres Sonnensystems und der Sonne zu erhalten. In dem neuen Kompetenzmodell für die naturwissenschaftlichen Schulfächer kann die Lehrkraft die Sonne als Rahmenhandlung verwenden und anhand dieses expliziten Beispiels die physikalischen Konzepte der 4. Klasse Unterstufe behandeln. Dadurch wird den Schülerinnen und Schülern mit einem konkreten Beispiel aufgezeigt, wie die Physik die Welt und das Universum beschreibt. Durch das Anknüpfen an die Alltagsvorstellungen der Kinder wird außerdem eine größere Wirksamkeit bei der Vermittlung des Unterrichtsinhaltes erreicht. Genau an diesem Punkt setzt auch die empirische Untersuchung dieser Diplomarbeit an und untersucht die Schülervorstellungen zu diesem Themengebiet, bevor sich die Kinder expliziter mit der Sonne im Physikunterricht auseinandersetzen. Dadurch wird gewährleistet, dass die vorhandenen Schülervorstellungen zur Sonne, zumindest vom Schulunterricht, unberührt sind.

3.2 Schülervorstellungen

3.2.1 Was sind Schülervorstellungen?

Der US-amerikanische Lernpsychologe David Ausubel hat einmal gesagt *„Der wichtigste Einflussfaktor für das Lernen ist das, was der Lerner bereits weiß. Finden Sie das heraus und unterrichten Sie ihn entsprechend.“* (zitiert nach Wiesner, Schecker & Hopf, 2013, S. 29). Mit diesem Zitat wird der Wert von Schülervorstellungen in der Fachdidaktik der Naturwissenschaften auf den Punkt gebracht. Seit den 1970er Jahren wurde in der Fachdidaktik viel in die Erforschung der Präkonzepte von Schülerinnen und Schülern investiert (vgl. Baalman, Frerichs, Weitzel, Gropengießer, Kattmann, 2004, S. 7).

Speziell in den Naturwissenschaften spielen die Schülervorstellungen eine große Rolle. In Physik konnten somit die häufigsten Schülervorstellungen der Kinder, die sie aus ihren Alltagserfahrungen entwickelt haben, untersucht und festgestellt werden. Durch die Erforschung der Schülervorstellungen ist es für die Fachdidaktik möglich geworden, effektive Unterrichtskonzepte für den Schulunterricht entwickeln zu können. Die neu geschaffenen Möglichkeiten der Planung und Durchführung des Unterrichts, unter Berücksichtigung der Präkonzepte, bietet vor allem für die praktizierenden Lehrerinnen und Lehrer neue Methoden und Erfahrungen.

Dieser fachdidaktische Forschungszweig hat gezeigt, wie wichtig Alltagsvorstellungen in der Praxis, für die Lehrpersonen, als auch den Schülerinnen und Schüler beim Erarbeiten von neuen physikalischen Konzepten zu Gute kommen. Erst unter Berücksichtigung der vorhandenen Präkonzepte ist es möglich, einen effektiveren Unterricht zu planen und durchzuführen, welcher wiederum einen erhöhten Lernertrag für die Schülerinnen und Schüler mit sich ziehen kann.

Schülervorstellungen sind für die heutige Didaktik der Naturwissenschaften von essentieller Bedeutung. Sie stellen einen zentralen Punkt in der Unterrichtsplanung und der praktischen Durchführung dar. Das Ziel der Erforschung von Schülervorstellungen ist es, die am häufigsten und widerstandsfähigsten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler für unterschiedliche Themengebiete festzuhalten. Dadurch wird es möglich, die Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu minimieren und gleichzeitig den daraus resultierenden Lernerfolg zu maximieren. Schülervorstellungen entstehen vornehmlich aus den Alltagserfahrungen der Kinder, darunter fallen sowohl Fernsehsendungen, Bücher als auch die Beobachtung von Phänomenen wie zum Beispiel einer Sonnenfinsternis oder einem Regenbogen. Die nicht im Unterricht geschaffenen Präkonzepte, also jene, die die Kinder selbst in die Schule mitbringen, werden in der fachdidaktischen Literatur als „*vorunterrichtliche*“ oder „*lebensweltliche*“ Vorstellungen bezeichnet (vgl. Baalman, Frerichs, Weitzel, Gropengießer, Kattmann, 2004, S. 8).

Aber auch im Physikunterricht selbst können Präkonzepte entstehen, die Barke als „*hausgemachte Fehlvorstellungen*“ (Barke, 2006, S. 21) definiert. Eine weitere Situation, die im Klassenzimmer auftreten kann, ist, dass durch ungenaue Vorbereitung von Seiten des Lehrpersonals die schon bestehenden Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler verstärkt werden. Speziell Letzteres sollte nach Möglichkeit durch eine gezielte fachliche wie didaktische Vorbereitung der Unterrichtsinhalte vermieden werden. Grundsätzlich ist es nicht schlecht, wenn Kinder und Jugendliche Vorstellungen zu Unterrichtsinhalten aus ihrem Alltag mitbringen. Oft stehen sie aber im Widerspruch mit den naturwissenschaftlich anerkannten Theorien. Ein weiteres Merkmal von Schülervorstellungen ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber anderen

Meinungen. Die neu vorgestellten Konzepte des Physiklehrkörpers werden vielfach als unglaubwürdig oder unvollständig abgelehnt beziehungsweise nur für bestimmte Fälle akzeptiert.

Warum sind die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aber resistent gegen neue Ansichten? Die Kinder haben ihre Vorstellungen schon länger als die neu vermittelten Konzepte im Physikunterricht. Sie haben sich aus den Erfahrungen im Alltag gebildet und wurden in vielen Situationen des täglichen Lebens getestet, in denen sie sich folglich auch bewährt haben. Die Schülerinnen und Schüler stellen sich also zu Recht die Frage, warum man eine etablierte Vorstellung sofort auswechseln soll, nur weil es die Lehrkraft sagt. Im Grunde übernehmen die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler zwei Aufgaben. Die erste Aufgabe beschäftigt sich damit, dass neue Eindrücke und Sinneswahrnehmungen mit Hilfe von schon gesammelten Erfahrungen kategorisiert und eingeordnet werden können. Mit dieser Aufgabe ist es uns möglich Neues interpretieren zu können. Hätten wir keine Vorstellungen, wäre dieser Schritt nicht möglich und wir hätten keinen Anknüpfungspunkt zum Lernen. Damit würde uns auch ein wesentlicher Motivationsfaktor Neues zu erkunden fehlen. Gleichzeitig übernehmen die Vorstellungen aber auch eine andere, oft nicht erwünschte, Aufgabe. Sie erschweren das Erlangen und das anschließende Bewahren der wissenschaftlich gängigen Konzepte (vgl. Nieswandt, 2001, S. 34).

Die Sprache und Kommunikation zwischen den Gesprächspartnern nimmt dabei eine wichtige Rolle ein, da durch die individuelle Interpretation von Sinneswahrnehmungen, zum Beispiel bei einem Gespräch zwischen einem Lehrpersonal und einer Schülerin, es in der Folge oft zu Missverständnissen kommen kann. Die Differenz zwischen dem Gesagten und dem Aufgenommenen ist, dass falsche Vorstellungen im Sinne der Widerstandsfähigkeit gefördert oder sogar neu gebildet werden können. In der Umgangssprache würde man vom „*aneinander vorbeireden*“ sprechen (vgl. Duit, 2004, S. 2 und Lengert, 1985, S. 411). Der Prozess des Lernens zielt dabei aber nicht auf das Auslöschung und Ersetzen der Alltagsvorstellungen ab, sondern wird als „*Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung*“ angesehen, womit „*lebensweltliche Vorstellungen nicht allein als Lernhindernisse, sondern auch als potentielle Lernhilfen*“ (vgl. Baalmann, Frerichs, Weitzel, Gropengießer, Kattmann, 2004, S. 8) betrachtet werden können. Die zugrunde liegenden Denkprozesse der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf ihre Vorstellungen können anhand eines Beispiels dargestellt werden:

„Sharron is thus able to differentiate between her ‚life-world‘ and ‚scientific‘ knowledge in stating that the former would be more useful in talking to her mother. She has developed a new way of looking at the world but this has not been at the expense of her original, informal perspective“ (vgl. Scott, 1992, in Petri; Niedderer, 1998, S. 5f).

Dieses Beispiel stellt zum einen, den Konflikt zwischen Alltagsvorstellungen und wissenschaftlich anerkannten Konzepten dar. Zum anderen beschreibt es auch den Endzustand, der erreicht werden kann, in welchem beide Vorstellungen in einer Art Koexistenz zueinander existieren und für verschiedene Kontexte angewendet werden können. So kann zu Hause im Gespräch mit den Eltern vom „*Stromverbrauch*“ gesprochen werden, wohingegen im Physikunterricht die Terminologie der „*Energieumwandlung*“ Verwendung findet. Dies ermöglicht den Schülerinnen und Schülern eine flexiblere und differenzierte Weltanschauung und muss demnach nicht sofort als falsch eingestuft werden. In der Literatur werden sie häufiger als „*alternativ oder ursprünglich oder als Präkonzepte bezeichnet*“ (Barke, 2006, S. 21).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Schülervorstellungen aus dem Alltag gebildete, logische und bewährte Konzepte der Kinder sind, die im Widerspruch zu den etablierten wissenschaftlichen Erkenntnissen des Fachunterrichts stehen. Es kann zwischen „*lebensweltlichen*“ und „*hausgemachten*“ Fehlvorstellungen unterschieden werden, die jeweils eine andere Herangehensweise zur Bewältigung benötigt.

3.2.2 Sprache als Hindernis

Ein weiterer Punkt der Schülerinnen und Schülern oftmals Probleme im Unterricht bereitet, ist die verwendete Sprache. Zwar wurde die Thematik im vorangegangenen Kapitel kurz angesprochen, es wird hier aber noch näher darauf eingegangen, da es für die Gestaltung der Untersuchungsunterlagen von Bedeutung war.

Speziell in naturwissenschaftlichen Fächern wie Physik, Chemie und Biologie gibt es ein ausgeprägtes und differenziertes Fachvokabular. Diese Fachsprache führt bei den Schülerinnen und Schülern oftmals zu Verständnisschwierigkeiten, da sie im Alltag einen anderen Sprachgebrauch aufweisen um naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben. Für die Schülerinnen und Schülern stellen dadurch die Fachsprache und die Alltagssprache zwei voneinander getrennte „*Sprachwelten*“ dar. Die Physiklehrkraft ist diese Situation oftmals nicht bewusst wodurch es ein Mitgrund sein kann, warum physikalisch korrekte Konzepte von den Schülerinnen und Schülern nur schwer oder gar nicht angenommen werden. Als Folge können bei den Schülerinnen und Schülern Lernschwierigkeiten auftreten, da sie mit dem expliziten Fachvokabular nicht umgehen können.

Um diesen Standpunkt zu verdeutlichen werden drei Beispiele angeführt, die diesen Umstand beschreiben. Im Alltag ist die Verwendung der Redewendung „*Die Sonne geht auf*“ selbstverständlich und doch ist sie im wissenschaftlichen Sinn nicht korrekt. Dieser Satz transportiert die Auffassung, dass sich die Sonne um die Erde drehen würde (vgl. Barke, 2006, S. 22f). Diese Vorstellung des geozentrischen Weltbildes¹¹ war lange Zeit verbreitet und wurde anschließend durch das kopernikanische, auch heliozentrische Weltbild¹² genannt, verdrängt. Ebenfalls typisch für den deutschen Sprachgebrauch ist die Aussage „*Die Sonne strahlt*“, der im Rahmen einer Untersuchung von Neumann zum Thema Strahlung festgehalten worden ist und eine starke sprachliche Verbindung zwischen den Begriffen Sonne und Strahlung festgestellt hat (vgl. Neumann, 2013, S. 38). Das dritte Beispiel verlässt den astronomischen Kontext und beschreibt einen Klassiker in der Physikdidaktik: die Verwendung des Wortes „*verbrauchen*“ in der Elektrizitätslehre. Im Alltag verwenden viele Erwachsene, aber auch viele Kinder und Jugendliche die Vorstellung, dass Strom in einer Glühbirne „*verbraucht*“ wird. Gleichzeitig findet keine Differenzierung zwischen den Begriffen „*Energie*“ und „*Strom*“ statt, wodurch es im Physikunterricht schwer ist, die verhärteten Fronten gegen die etablierten Schülervorstellungen durchbrechen zu können (vgl. Duit, 2004, S. 1).

Wie bei den angeführten Beispielen deutlich wird, kann es zwischen den Kommunikationspartnern, wie Dobrick (1985, S. 430) anführt, zu Differenzen zwischen Gesagtem und Gemeintem kommen. Laut Dobrick hängt das Missverstehen von mehreren Faktoren ab, unter anderem der individuellen und projizierten Zielsetzung der Gesprächsteilnehmer. In anderen Worten, was erwartet man selbst von diesem Gespräch und was erwartet mein Gegenüber. Diese Intentionen sind dabei oft nicht deckungsgleich. Die Informationen, die während der Kommunikation zwischen den Gesprächspartnerinnen und Gesprächspartner hin- und herfließen sind im Modell von Alloy und Tabachnik beschrieben. Dabei werden die externen Informationen eines Gesprächs als „*bottom up*“ und die schon vorhandenen Vorstellungen als „*top down*“ definiert. Als extern werden alle Informationen bezeichnet, die man während des Gesprächs von den Kommunikationspartnern erhalten hat. Das Endprodukt des Verstehens setzt sich aus der Verarbeitung und der Zusammensetzung der beiden Faktoren zusammen (vgl. Dobrick, 1985, S. 431). Zentral ist, was man glaubt vom Gegenüber zu wissen und was nicht. Das beinhaltet auch die vorhandenen Vorstellungen, denen durch Sinneswahrnehmungen Bedeutung verliehen wird. Ohne diese Präkonzepte zu kennen, wird es für die Lehrkraft schwer den Schülerinnen und Schülern neue Inhalte vermitteln zu können (vgl. Sumfleth und Pitton, 1998, S. 4f).

¹¹ Das geozentrische Weltbild vertritt die Auffassung, dass die Erde im Mittelpunkt des Sonnensystems steht. Die Sonne, sowie alle anderen Planeten sollen sich also um die Erde drehen (vgl. Barke, 2006, S. 23).

¹² Im Gegensatz zum geozentrischen Weltbild geht das heliozentrische Weltbild davon aus, dass die Sonne im Zentrum unseres Sonnensystems ist. Folglich drehen sich die Erde und die anderen Planeten um die Sonne. Mitte des 16. Jahrhunderts lieferte Nikolaus Kopernikus die Idee des heliozentrischen Weltbildes (vgl. Barke, 2006, S. 23).

In einem typischen Lehrer-Schüler-Gespräch wird der Gesprächsverlauf meist von der Lehrperson vorgegeben und gesteuert. Dabei liegen die Inhalte, Fragen, Antworten, wer etwas sagt und ob es richtig oder falsch ist in den Händen der Lehrpersonen. Die Lehrerinnen und Lehrer nehmen die aktive, die Schülerinnen und Schüler hingegen die passive Rolle in diesen Kommunikationsstrukturen ein. Eine von Sumfleth und Pitton durchgeführte Studie über die Kommunikation im Chemieunterricht zeigt, dass *„in allen beobachteten Unterrichtsstunden der Lehrer dominiert“* (vgl. Sumfleth und Pitton, 1998, S. 16). Die Schlussfolgerung von Sumfleth und Pitton ist, dass die Schülerinnen und Schüler *„immer versuchen werden, die Erwartungen des Lehrers möglichst gut zu erfüllen, ihr Wissen gegen eine gute Note zu tauschen. Verständnisschwierigkeiten werden deshalb vertuscht. Damit werden sie dann aber für die Lehrenden noch schwerer erkennbar.“* (vgl. Sumfleth, Pitton, 1998, S. 6). Bei der Methodik der Concept Cartoons wird das Problem des lehrergesteuerten Gesprächs umgangen und die Schülerinnen und Schüler bekommen die Möglichkeit, ohne Leistungsdruck oder Angst vor falschen Antworten ihre individuellen Vorstellungen äußern zu können.

Die Berücksichtigung von Sprache für die Lernschwierigkeiten beziehungsweise die Feststellung von Alltagsvorstellungen nimmt genau deswegen eine wichtige Rolle ein. Die Erforschung von Präkonzepten in der Physikdidaktik ist laut Gropengießer auf die sprachliche Interpretation der Schüleraussagen angewiesen. Die gewonnenen Interpretationen werden anschließend verallgemeinert und in Kategorien eingeteilt, um auf die dahinterliegenden Vorstellungen schließen zu können (vgl. Gropengießer, 1999, S. 61). Dass es auch bei dieser qualitativen Untersuchungsmethode Differenzen zwischen Gesagtem und Gemeintem gibt (siehe hermeneutischer Zirkel, Abbildung 8) ist meist unumgänglich.

Die Sprache stellt als Medium der Gesellschaft eine zentrale Rolle in der Erforschung von Schülervorstellungen dar. Abhängig vom Kulturkreis, der mit seinen Begriffen und Wörtern die Umwelt beschreibt, ist es möglich, individuelle kognitive Strukturen wie zum Beispiel Vorstellungen, zu definieren. Dabei ist es nicht zwingend notwendig, dass die Gedankengänge und Vorstellungen ausgesprochen werden. Auch für die Schrift kann die Methode der Interpretation und Inhaltsanalyse angewendet werden, um Rückschlüsse auf die zugrundeliegenden Alltagsvorstellungen ziehen zu können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Sprache und Schrift für die Erforschung von Schülervorstellungen und deren Berücksichtigung für den Schulunterricht von essentieller Bedeutung sind. Sowohl die Verwendung von Fachsprache, als auch jene von der Alltagssprache der Kinder, eröffnet im Unterricht Schwierigkeiten. Eine gute kommunikative Basis ist notwendig, um Schülervorstellungen festhalten und ihnen entgegenwirken zu können. Wie in einer Untersuchung zu Lehrer- und Schülervorstellungen im Sportunterricht ermittelt wurde,

wird eine „*Atmosphäre gegenseitigen Verständnisses*“ (vgl. Hanke; Ingenkamp; Janalik; Treutlein, 1985, S. 501) vorausgesetzt, um Missverständnissen vorzubeugen und Lernerfolg überhaupt ermöglichen zu können.

3.2.3 Konstruktivismus in der Lerntheorie

Die konstruktivistische Lerntheorie verwendet den Begriff des „*hermeneutischen Zirkels*“. Dieses Konzept, siehe Abbildung 8, ist für das Verstehen der hier vorgestellten lerntheoretischen Sichtweise und für die empirische Untersuchung von Bedeutung. Der „*hermeneutische Zirkel*“ geht davon aus, dass zwei Menschen, zum Beispiel eine Lehrkraft und ein Schüler in ein Gespräch vertieft sind. Bei diesem Gespräch sendet die Lehrperson ein Signal aus. Dieses Signal kann jegliche kommunikative Form annehmen, zum Beispiel das Vorzeigen eines Experimentes, das Aussprechen oder das Verschriftlichen eines Satzes. Die Lehrkraft will mit diesem Signal eine Information zur Schülerin transportieren und verleiht ihm deshalb eine ganz bestimmte Bedeutung auf Basis seiner eigenen Vorstellungen. Diese Bedeutung ist aber nur für die Lehrkraft ersichtlich. Die Lernenden sind zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht in der Lage diese Bedeutung zu entschlüsseln, da sie (noch) nicht die notwendigen Vorstellungen besitzen. Dadurch muss aus Sicht der Schülerinnen und Schüler auf andere Vorstellungen zurückgegriffen werden, um das Signal zu interpretieren. Folglich erhält das Signal für die Lernenden eine ganz andere Bedeutung als für die Lehrenden. Falls jetzt die Lernenden den Lehrpersonen eine Antwort auf eine Frage geben, wird die Bedeutung des Signals von beiden Gesprächspartnern wieder unterschiedlich aufgenommen und auf Basis der jeweils individuellen Vorstellungen interpretiert werden. Es ist deshalb wichtig, die Vorstellungen seines Gegenübers zu kennen, um die ausgesendeten Signale richtig einordnen zu können. Jeder wird eine solche Situation schon erlebt haben, wodurch die Annahme getroffen werden kann, dass dieses Konzept für alle Kommunikationssituationen anwendbar ist (vgl. Duit, 2004, S. 3). Eine knappe Zusammenfassung dessen bietet Dobrick, wenn er sagt:

„Äußerungen sind oft unpräzise und die Wahrnehmung ist selektiv. Wenn man beides gegenüberstellt und sich jeweils unterschiedliche Hintergründe hinzu denkt, von denen her gesprochen und wahrgenommen wird, muß [sic] es dann nicht schiefgehen?“ (Dobrick, 1985, S. 7)

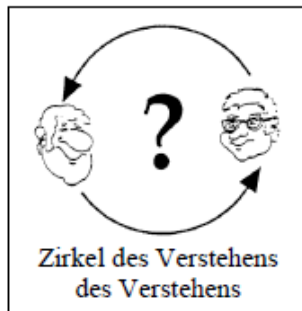


Abbildung 8: Schematische Darstellung des „Hermeneutischen Zirkels“ oder auch als „Zirkel des Verstehens des Verstehens“ bezeichnet.¹³

In der Lerntheorie nimmt der Konstruktivismus, im Gegensatz zur Philosophie, eine neue Form an. Dabei behält er seine charakteristischen Elemente bei, doch verzichtet auf die Frage nach dem Verhältnis zwischen Konstrukt und der Welt (vgl. Stork, 1995, S. 17). Das ist in dem Bereich der Lerntheorie auch nicht großartig von Bedeutung, da man wissen möchte wie Schülerinnen und Schüler zu neuem Wissen gelangen und warum und wie für die Kinder Lernschwierigkeiten entstehen. In der Didaktik wird der lerntheoretische Konstruktivismus nicht als reine Faktenvermittlung gesehen, sondern soll die Schülerinnen und Schüler zu einem aktiven Lernen bewegen, in dem sie sich ihr eigenes Wissen auf Basis von schon Bekanntem selbst konstruieren. Erst durch das Projizieren einer Bedeutungsstruktur auf einen reinen Sinesseindruck, wie zum Beispiel ein Experiment, Skizze oder Video wird eine Verbindung in den Köpfen der Schülerinnen und Schülern hergestellt, die es ermöglicht, die rohen Daten im Langzeitgedächtnis als Wissen abzuspeichern.

Die Bedeutung erhalten diese Daten durch schon vorhandene Vorstellungen und Strukturen. Die Lehrenden fungieren dabei nur als Anreger für Denkprozesse und stehen zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler im Lernprozess beiseite. Die Lehrpersonen müssen sich aber bewusst sein, dass sie „*Informationen nicht direkt an Schüler weitergeben*“ (Wiesner, Hopf, Schecker, 2011, S. 29) können. Damit wird dem klassischen Prinzip des „*Nürnberger-Trichters*“ eine Absage erteilt, laut dem es möglich ist, den Schülerinnen und Schülern direkt Wissen vom Lehrer in die Köpfe der Kinder zu transferieren. Die Definition von Barke, dass Schülerinnen und Schüler keine „*unbeschriebenen Blätter*“ (Barke, 2006, S. 27) seien, bringt den Sachverhalt auf den Punkt. Die Lernenden werden von der Position des passiven Wissensempfängers zum aktiven Wissenskonstrukteur geleitet. Als Lehrperson kann dennoch Einfluss auf den Lernprozess ausgeübt werden, indem die Lernumgebung und die Unterrichtskonzepte, basierend auf aktueller fachdidaktischer Forschung, geplant werden. Damit ist es möglich, die Lernhürden in Form von Schülervorstellungen zu umgehen oder aktiv in die Unterrichtsgestaltung einfließen zu lassen. Duit beschreibt die Rolle der Lehrperson passenderweise mit den Worten eines „*Entwicklungshelfers*“ (Duit, 2004, S. 3).

¹³ Bildquelle: (Duit, 2004, S. 2).

3.2.4 Konzeptwechsel

Nachdem ausführlich die verschiedenen Aspekte der Schülervorstellungen und den zugrundeliegenden pädagogischen Konzepten der Sprache und des Konstruktivismus behandelt worden sind, soll hier angesprochen werden, wie die Schülerinnen und Schüler zu einem Wechsel von alten und oft physikalisch nicht korrekten Vorstellungen zu wissenschaftlich anerkannten und im Physikunterricht vermittelten Konzepten geführt werden. Dieser Prozess wird in der Physikdidaktik als „*Konzeptwechsel*“ definiert. Laut Duit ist es nicht möglich, Schülervorstellungen komplett zu ersetzen, sondern den Kindern Alternativen mitzugeben, die nicht sofort als unglaublich abgetan werden (vgl. Duit, 2004, S. 3).

Um einen Konzeptwechsel zu erreichen, werden in der Physikdidaktik zwei Wege dargelegt. Grundsätzlich soll ein möglichst reibungsloser Übergang zwischen alten und neuen Schülervorstellungen ermöglicht werden. Dabei wird versucht, den Schülerinnen und Schüler klarzumachen, dass sie etwas Richtiges meinen aber das Phänomen in der Physik mit anderen Worten beschrieben wird. Als Beispiel führt Duit die Verbrauchsvorstellung des Stroms an, der von den Schülerinnen und Schüler als Umwandlung von Energie verstanden werden soll. In anderen Fällen sucht man die Konfrontation zwischen den Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler und den wissenschaftlich richtigen Konzepten. Dabei setzen die Physiklehrerinnen und Physiklehrer auf einen kognitiven Konflikt in den Köpfen der Kinder. Dieser soll zum Beispiel durch die Diskrepanz zwischen falscher Voraussage eines Experimentes mit dessen tatsächlichen Ausgang provoziert werden. In der Fachliteratur der Physikdidaktik wird dieser Weg als unzureichend beschrieben, um einen Konzeptwechsel vollziehen zu können (vgl. Duit, 2004, S. 4).

Nieswandt beschreibt den Konzeptwechsel als Erkennen der vorhandenen Schülervorstellungen, die anschließend den Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden sollen, um sie dann mit den wissenschaftlichen Konzepten konfrontieren zu können. Als Ziel wird die Übernahme der naturwissenschaftlichen Konzepte definiert, wobei anzumerken ist, dass die alten und neuen Vorstellungen nebeneinander koexistieren und je nach Kontext angewendet werden können. (vgl. Nieswandt, 2001, S. 36). Der stattfindende Prozess des Konzeptwechsels soll nicht nur auf einer Ebene, sondern auf mehreren Ebenen stattfinden. Unter anderem auf der Ebene über die Vorstellungen über Physik und über das Lernen selbst. Bei Vorstellungen zur Physik geht es zum Beispiel um die Arbeitsweise von Physiker oder Wissenschaftlern und der Natur der Physik als Wissenschaft.

Schwedes und Schmidt haben den Konzeptwechsel 1992 als „*not an evolutionary process, in small steps, from one concept to the other, but it means the installation of a totally new cognition*“ (vgl. Petri; Niedderer, 1998, S. 6) beschrieben. In Bezug auf die Koexistenz mehrerer Präkonzepte in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler heißt es:

„The old concept of current consumption does not immediately vanish and in every new situation both the old and the new concept are in competition. However we can observe that when the old concept does not work, the new concept is quickly at hand. The more successful applications of the new concept take place, the more stable it becomes.“ (vgl. Schwedes; Schmid, 1992 in Petri; Niedderer, 1998, S. 6)

Posner hat den Konzeptwechsel oder „*conceptual change*“ wie er in der englischsprachigen Fachliteratur bezeichnet wird, wie folgt beschrieben:

„learners must first become dissatisfied with their existing conceptions, in addition to finding new concepts intelligible, plausible and fruitful, before conceptual restructuring occurs“ (Posner, 1982, in: Trumper, 2006, S. 88).

Als Schlussfolgerung kann angenommen werden, dass ein Konzeptwechsel dann erfolgreich wäre, wenn sich durch das wiederholte Verwenden der wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen das Kräfteverhältnis zwischen alten und neuen Konzepten zugunsten Letzterem verschieben würde. Wie Gunstone beschreibt, ist ein Konzeptwechsel aber auch nur dann möglich, wenn die Schülerinnen und Schüler bereit sind, neue Wege zu betrachten und diese auch zu beschreiten:

„conceptual change in physics, as seen by constructivists, requires that learners be willing and able to recognize, evaluate, and, if necessary, reconstruct existing conception and perceiving fruitfulness in a new conception are possible only if the learner decides these to be so.“ (vgl. Gunstone, 1992 in Petri; Niedderer, 1998, S. 17)

Posner fasst die notwendigen Bedingungen für einen erfolgreichen Konzeptwechsel bei den Schülerinnen und Schüler in den folgenden Punkten noch einmal zusammen (vgl. Duit, in: Kircher, 2009, S. 615):

- Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.
- Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein.
- Sie muss einleuchtend, also intuitiv plausibel, sein.
- Sie muss fruchtbar, d.h. in neuen Situationen erfolgreich sein.

Zwei Merkmale für einen guten und erfolgreichen Physikunterricht lassen sich hier ebenfalls anführen: Zeit und Geduld (vgl. Duit, in: Kircher, S. 616). Das Überwinden der widerstandsfähigen Präkonzepte, das Entwickeln von neuen Konzepten, gefolgt von dessen Anwendung ist ein langwieriger Lernprozess, dem auch der nötige Platz im Unterricht eingeräumt werden sollte, um nachhaltiges Verständnis zu ermöglichen.

3.2.5 Auswirkungen auf den Unterricht

Dass Schülervorstellungen im Unterricht nicht immer überwunden werden können, liegt an ihrer Beharrlichkeit gegen neue Konzepte. Durch ihre ausführliche Testung im Alltag sind die Schülerinnen und Schüler von ihrer Allgemeingültigkeit ihrer Vorstellungen überzeugt. Das führt beim Erarbeiten von Themengebieten zu großen Herausforderungen, sowohl für den Lehrenden als auch für den Lernenden. Verständlicherweise, denn warum sollte ein Kind plötzlich sein Konzept zum „*Stromverbrauch*“ verwerfen, das viele Jahre gut funktioniert hat. Auch wenn sich die Lehrenden noch so gut auf den Unterricht vorbereiten und alle bekannten Schülervorstellungen bei der Planung in Betracht ziehen, kann es passieren, dass neue unerwartete Präkonzepte auftauchen. Zur Erklärung der Lehrenden hilft oft kein Experiment oder andere empirische Beweise. Die Schülerinnen und Schüler implementieren die neuen Erkenntnisse in ihr schon bestehendes Konzept, wodurch es gegen äußere Einflüsse resistent wird. Das bedeutet, in manchen Situationen findet das neue Konzept Verwendung, zum Beispiel im Physikunterricht, wohingegen in den übrigen Lebenssituationen das alte Konzept angewendet wird. Die Schülerinnen und Schüler bauen für sich eine Art Schutzmauer auf, um ihre Vorstellungen vor etwas Neuem und für sie meist Unverständlichem zu verteidigen (vgl. Langlet, 1999, S. 53).

Um die Auswirkungen von Schülervorstellungen im Physikunterricht zu untersuchen, wurden viele Studien durchgeführt. Jede dieser Untersuchungen hat gezeigt, dass etablierte Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern den Lernerfolg behindern und zu Lernschwierigkeiten führen können. Diese Studien haben unterschiedliche Ziele. Zum einen sollen sowohl noch unbekannte Präkonzepte aufgedeckt werden, damit diese in Zukunft in den Physikunterricht integriert werden können. Zum anderen soll die Effektivität von neuen Unterrichtskonzepten an schon bekannten Schülervorstellungen erprobt werden.

Ein vom deutschen Physikdidaktiker Hartmut Wiesner erstellter Optikkurs für die Sekundarstufe I wurde mit einer Untersuchung auf ihre Wirksamkeit getestet. Bevor die Untersuchung mit einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe durchgeführt wurde, wurden Schülervorstellungen zum Thema Optik festgehalten. Dabei wird deutlich, dass die von den Schülerinnen und Schüler gemachten Alltagserfahrungen die aus dem Physikunterricht kennengelernten Konzepte, zum Beispiel das Sender-Empfänger-Konzept, behindern und „von fast einem Drittel der Schüler abgelehnt“ (vgl. Wiesner, 1994, S. 7) wurden. Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr Optikunterricht, nach dem Konzept von Wiener, stellte sich aber dann heraus, dass die Gruppe, die mit dem auf Schülervorstellungen orientierten Unterrichtskonzept gelehrt wurde, eine signifikant höhere Punktezahl erreicht hatte als die Kontrollgruppe, in welcher die Alltagsvorstellungen nicht berücksichtigt wurden (vgl. Wiesner, 1994, S. 15). Damit konnte gezeigt werden, dass die Berücksichtigung von Schülervorstellungen in der Planung und Durchführung des Physikunterrichts einen großen Einfluss auf den Lernerfolg hat.

Generell können Schülervorstellungen laut Gropengießer „als Ergebnis der bisherigen Lerngeschichte“ (vgl. Gropengießer, 1997, S. 73) betrachtet werden. Das heißt, Schülervorstellungen sind das Ergebnis von Lernen das schon vor Schuleintritt und auch während des Unterrichts stattgefunden hat. Dieser Umstand sollte in der Planung, auf Schülervorstellungen berücksichtigten Unterricht, einbezogen werden. Um den Kindern nicht den Stempel der Unwissenheit oder des Unrechts aufzudrücken, kann ihnen klargemacht werden, dass sie nicht die Einzigen sind, die diese Vorstellungen besitzen (vgl. Barke, 2006, S. 23).

Viele Gelehrte, Philosophen und Wissenschaftler unserer Geschichte haben ebenfalls, aus heutiger Sicht, falschen Vorstellungen von der Welt aufgesessen. Dabei muss man nur an Vorstellungen wie zum Beispiel „Die Welt ist eine Scheibe“ oder „Die Sonne dreht sich um die Erde“ denken. Das kann durchaus dazu führen, dass den Schülerinnen und Schüler Druck und Angst genommen wird, ihre Meinungen und naturwissenschaftlichen Ansichten mit ihren Mitschülerinnen und Mitschülern und Lehrerinnen und Lehrern zu teilen. Erst damit wird die Möglichkeit geschaffen, an den Präkonzepten gemeinsam zu arbeiten.

Die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler stellen wie schon erwähnt, eine starke Barriere gegen neue, in der Wissenschaft anerkannte Konzepte dar. Ohne Berücksichtigung der Alltagsvorstellungen der Kinder ist es nicht möglich einen wirksamen und zugleich motivierenden Physikunterricht zu gestalten. Auch deshalb spielt seit den 1970iger Jahren die Erforschung von Präkonzepten für so gut wie alle Teilbereiche der Physik eine große Rolle. In der Literatur wird eine Abfolge von mehreren Punkten für einen erfolgreichen Konzeptwechsel im Physikunterricht vorgeschlagen (vgl. Duit, 2004, S. 4):

- Mit den behandelten Themen vertraut machen.
- Den Schülerinnen und Schüler die in diesem Thema vorhandenen Präkonzepte bewusstmachen.
- In die physikalisch korrekte Sichtweise einführen.
- Die neu erlangte und physikalisch richtige Sichtweise in der Theorie und Praxis anwenden.
- Den Schülerinnen und Schüler einen Rückblick auf den Lernprozess geben.

In der Folge kann sich ein guter Physikunterricht entwickeln, der für die Lehrenden, sowie vor allem für die Schülerinnen und Schüler einen Mehrwert bietet. Duit führt dabei drei wichtige Merkmale an, die einen erfolgreichen Physikunterricht auszeichnen (vgl. Duit, 2004, S. 5):

- Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler ernst nehmen und ausdrücklich in der Unterrichtsplanung berücksichtigen, gegebenenfalls sollte man sie mit den Schülerinnen und Schüler besprechen
- Die physikalischen Themen in einen für die Schülerinnen und Schüler spannenden Kontext einbetten um die Lernmotivation zu steigern
- Den Schülerinnen und Schüler Freiräume für eigenständiges Erarbeiten von Inhalten eröffnen und diese nachhaltig unterstützen

Was bedeutet spannender Kontext für die Schülerinnen und Schüler? Die Interessensstudie des „*Leibnitz-Instituts für Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel*“ (IPN) ist genau dieser Frage nachgegangen und hat herausgefunden, dass vor allem die Astronomie als Kontextualisierung für die Schülerinnen und Schüler einen besonderen Anreiz bietet. Dabei geht es nicht um das thematisierte physikalische Gebiet selbst, zum Beispiel die Thermodynamik oder Elektrizitätslehre, sondern um die kontextorientierte Einbettung in den Physikunterricht dieser Themenbereiche (vgl. Schecker & Berger, 2011, S.103).

Auch die ROSE-Studie hat die Interessen der Schülerinnen und Schüler untersucht. Dabei schneidet vor allem die Kontextklasse Astronomie/Astrophysik gut ab. Sowohl Mädchen als auch Jungen bezeichnen Astronomie als besonders interessant, wodurch dieser Themenbereich in Österreich und Deutschland hinter die Humanbiologie auf Platz 2 gereiht wird. (vgl. Elster, 2007, S.5).

Das Interesse an den Naturwissenschaften in der Schule ist zwischen Jungen und Mädchen sehr unterschiedlich. Eine Pauschalisierung des Interesses an den Naturwissenschaften in Bezug auf die Geschlechter ist aber nicht angebracht. Dass Mädchen Biologie bevorzugen und die Inhalte des Physikunterrichts nicht so aufregend finden, trifft zu einem Teil zu und wurde in der Interessensforschung vielfach untersucht. Als Grund wird das Fehlen eines sinnstiftenden Kontextes für die fehlende Motivation der Mädchen angegeben (vgl. Frey-Eiling, 1992, S. 84). Bei Jungen entspricht es dem Gegenteil und Physik, speziell Themenbereiche, die sich

mit Technik und Maschinen beschäftigen, wecken die Motivation und das Interesse der Schüler.

In den Fächern Chemie, Mathematik und Biologie tritt dieser als „*Technikphänomen*“ (vgl. Frey-Eiling, 1992, S. 84) beschriebene Umstand nicht zwangsläufig auf. Erst bei einer ähnlichen technikintensiven Kontextualisierung wie im Physikunterricht werden Mädchen uninteressierter an dem Stoffgebiet. Sie tendieren dann dazu, die naturwissenschaftlichen Inhalte und das dadurch generierte Wissen mit der Begründung als „*nicht allgemeinbildend*“ abzustempeln, da es für sie aufgrund ihres Geschlechts viel schwieriger sei, in dieser speziellen Berufssparte Karrierechancen zu haben (vgl. Faulstich-Wieland, S. 43, in Schweiger; Hascher, 2009). Die Folge davon ist, dass den jungen Frauen durch die Abneigung gegenüber Physik der Zugang zu gesellschaftsrelevanten Themen, zum Beispiel „*Alternative Energiequellen*“ erschwert wird und sie sich bei aktuellen Diskussionen oftmals nicht einbringen können (vgl. Wodzinski, in: Kircher, 2009, S. 583).

Zusätzlich kann sich der Motivationsunterschied in der Beurteilung der Schülerinnen und Schüler widerspiegeln. Diese Behauptung wird von vielen Studien seit den 1980iger Jahren untersucht und konnte noch nicht eindeutig geklärt werden, auch wenn eine enge Verbindung vorzuliegen scheint (vgl. Faulstich-Wieland, S. 43, in: Schweiger; Hascher, 2009 und Wodzinski, in: Kircher, 2009, S. 584).

In den PISA-Studien aus den Jahren 2000 und 2003 hat sich gezeigt, dass Mädchen im Lesen wesentlich besser abschneiden als ihre männlichen Kollegen, in den Naturwissenschaften hingegen haben die Mädchen zwischen 2000 und 2003 aufgeholt und unterscheiden sich nicht mehr von den Jungen (vgl. Faulstich-Wieland, S. 42, in Schweiger; Hascher, 2009). Die Gründe dafür sind vielfältig, unter anderem spielen die Geschlechterrollen der Gesellschaft, die Erwartungshaltung der Eltern und die Rolle der Lehrpersonen im Unterricht eine große Rolle bei der Entwicklung von Interesse an Physik (vgl. Labudde, 2000, S. 307). Vor allem die Lehrkräfte müssen als Vermittler von geschlechtergerechtem Physikunterricht auftreten und diesen glaubhaft vertreten, um einen Umschwung in der bestehenden Interessensverteilung der Geschlechter unterstützen und ermöglichen zu können. Das Ziel soll sein, die typischen Geschlechterrollen und Stereotypen, wie es Heller (vgl. Heller, 1992, S. 6) beschreibt, zu überwinden und unabhängig vom Geschlecht der Schülerinnen und Schüler den Physikunterricht zu gestalten und durchzuführen. Damit wird der Grundstein gelegt, eine höhere Frauenquote im tertiären Bildungsbereich der sogenannten MINT-Fächer¹⁴ zu erreichen.

¹⁴ MINT steht für Mathematik-Informatik-Naturwissenschaften-Technik

Der aktuelle Physiklehrplan an den österreichischen AHS-Schulen nimmt auf diese Problematik Bezug und bindet sowohl als „*typisch weiblich*“ und „*typisch männlich*“ geltende Themengebiete in den Physikunterricht ein, ohne eine Seite zu bevorzugen. Dennoch hängt es immer noch von der Lehrerin oder dem Lehrer ab, wie und was unterrichtet wird. Die Kontextualisierung der Unterrichtsinhalte stellt ebenfalls einen wichtigen Punkt in der Motivation der Schülerinnen und Schüler dar. (vgl. Dierks, Höffler, Parchmann, 2014, S. 111-116). Wie Wagenschein schon 1965 treffend formulierte, ist es nicht verkehrt die Inhalte des Physikunterrichts auf die Mädchen auszurichten, da die Jungen ebenfalls daran interessiert sein werden (vgl. Wagenschein, 1965, in: Kircher, 2009, S. 583).

In der Sozialforschung kann nach Krapp (1992) im Rahmen der Interessensuntersuchung zwischen individuellem, einem dauerhaft stabilen, und situationellem, sprich kontextabhängigen Interesse unterschieden werden (vgl. Busker, in Krüger; Parchmann; Schecker, 2014, S. 271 und Dierks; Höffler; Parchmann, 2014, S. 111-116). Da sich die Schülerinnen und Schüler für diese Untersuchung noch nicht im Physikunterricht mit der Sonne beschäftigt haben und somit auch keine wissenschaftliche Erfahrung mit diesem Thema gewinnen konnten, kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse des Fragebogens dem individuellen, sprich grundlegenden, Interesse der Kinder entspricht.

Wie in Abbildung 9 durch die ROSE-Untersuchung (The **R**elevance **o**f **S**cience **E**ducation) aus dem Jahr 2010 zeigt, ist für Österreich die Beliebtheit von naturwissenschaftlichem Unterricht für 15-jährige Schülerinnen und Schüler höher als für andere Schulfächer. Bei den Mädchen liegt der Wert sogar ein wenig über jenen der Jungen, was dem klassischen Bild der uninteressierten Schülerinnen und Schüler widerspricht. Wichtig ist, dass die Untersuchungsgegenstände differenziert betrachtet werden und keine voreiligen Pauschalisierungen gezogen werden.

Für den Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht haben sich im Laufe der Forschungsarbeit zu Schülervorstellungen unterschiedliche Modelle und Sichtweisen entwickelt. Exemplarisch sollen hier ein paar dieser Konzepte gegen die Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler vorgestellt werden. Jung geht von einem „*Drei-Schritt*“-Modell aus, das auf „*Anknüpfen*“, „*Konfrontieren*“ und „*Umdeuten*“ setzt. Eine konstruktivistische Strategie verfolgt hingegen Driver, der die Schülervorstellungen aktiv thematisieren, umstrukturieren und anschließend die neu gewonnenen Vorstellungen kontextorientiert anwenden will.

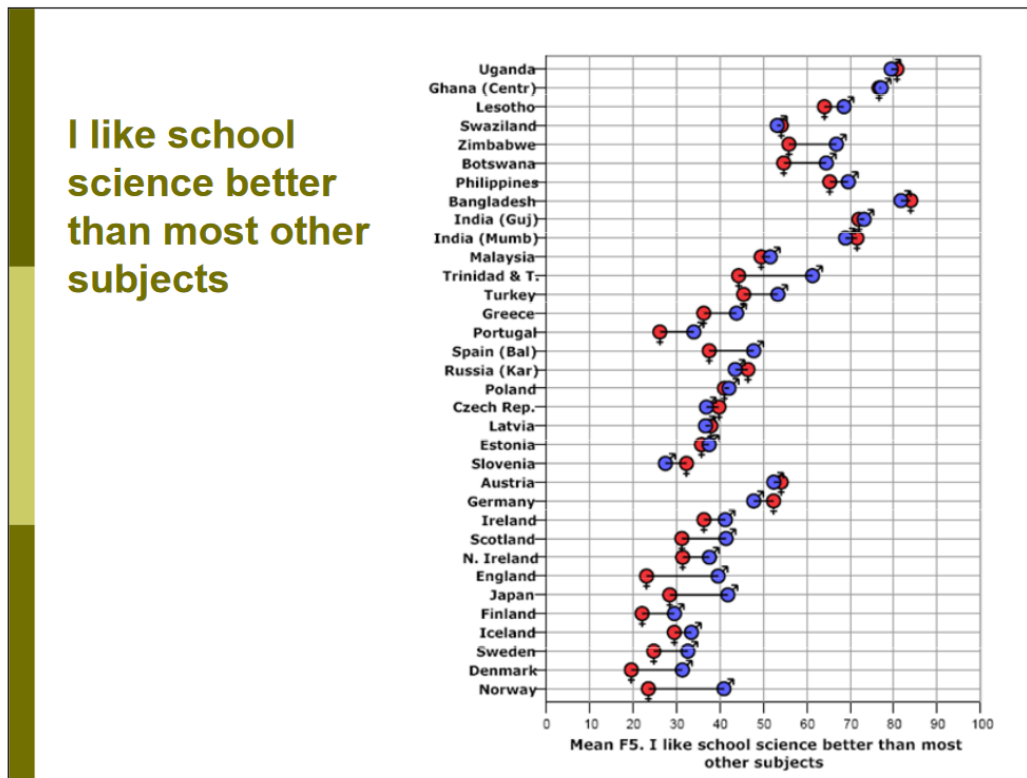


Abbildung 9: Ergebnisse der internationalen ROSE-Studie zur Beliebtheit von naturwissenschaftlichen gegenüber anderen Unterrichtsfächern für 15-jährige Schülerinnen und Schüler. Die blauen Punkte stellen die männlichen Befragten und die roten die weiblichen dar.¹⁵

In der Fachdidaktik gibt es einige Methoden um Schülervorstellungen im Unterricht aktiv zu behandeln (vgl. Langlet, 1999, S. 54). Wichtig ist aber, wie schon erwähnt, einen kognitiven Konflikt in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler anzuregen. Dabei sollen sie bemerken, dass ihre Vorstellungen für das behandelte Problem nicht passend sind. Erst dadurch ist es möglich einen Lernprozess in Gang zu setzen. Durch eine ausführliche und zielorientierte Unterrichtsplanung sowie Vorbereitung der Lehrenden ist es möglich, diesen kognitiven Prozess zu starten. Als ein weiteres Kriterium wird eine angenehme Lernatmosphäre für die Schülerinnen und Schüler gefordert. Zusätzlich muss von der Lehrperson ein Raum für Fehler geschaffen werden. Wenn die Kinder Angst haben ihre Präkonzepte im Plenum zu äußern, da diese möglicherweise durch Tadel oder schlechte Mitarbeitsnoten von den Lehrpersonen bestraft werden, ist es unmöglich einen Lernprozess in Bewegung zu setzen. Denn Langlet beschreibt Fehler als „beste Lerngelegenheiten“ (vgl. Langlet, 1999, S. 55).

¹⁵ Bildquelle: (<http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>, S. 12).

Die Metapher des „*Learning-Doctor*“, wie ihn Taber beschreibt, fasst das Wunschdenken in Bezug auf Berücksichtigung und Einbindung von Schülervorstellungen zusammen:

„A useful metaphor here might be to see part of the role of a teacher as being a learning-doctor: a) diagnose the particular cause of the failure-to-learn; and b) use this information to prescribe appropriate action, designed to bring about the desired learning. [...] Two aspects of the teacher-as-learning-doctor comparison may be useful. Firstly, just like a medical doctor, the learning-doctor should use diagnostic tests as tools to guide action. Secondly, just like a medical doctor, teachers are „professionals“ in the genuine sense of the term. Like medical doctors, learning-doctors are in practice. (The „clinic“ is the classroom or teaching laboratory). Just as medical doctors find that many patients are not textbook, so many learners have idiosyncrasies that require individual treatment“ (Taber, 2002, in Barke, 2006, S. 28f)

Zusammenfassend sollen, wie schon Barke (2006) erwähnt hat, die klassischen Lernpfade verlassen werden, vermehrt der Einsatz von aktuellen Medien berücksichtigt, überzeugendere Experimente sowie alternative Begriffserklärungen erwogen werden. Das ermöglicht sowohl den Lernenden als auch den Lehrenden neue Wege Unterrichtskonzepte zu erarbeiten und die Hindernisse der Schülervorstellungen zu umgehen (vgl. Barke, 2006, S. 21).

3.3 Aktueller Forschungsstand zu astronomischen Präkonzepten

Nachdem die Schülervorstellungen im Allgemeinen besprochen wurden, soll spezifischer auf die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler im Bereich der Astronomie eingegangen und der aktuelle Forschungsstand vorgestellt werden. Einige Studien in der Physikdidaktik haben sich diesem Thema angenommen. Nussbaum und Novak haben in den späten 70iger Jahren die Vorstellungen zur Erde der Zweitklässler in Israel untersucht. Sneider und Pulos in den 80iger Jahren, Vosniadou und Brewer in den frühen 90iger Jahren haben weitere Untersuchungen zu Schülervorstellungen der Erde und dem Weltall vorgenommen. Die meisten dieser Forschungen untersuchten die Vorstellungen der Kinder im Grundschulalter (vgl. Trumper, 2006, S. 86). Ihre Ergebnisse zeigten, dass die Kinder mehrere Stufen in ihrer Wahrnehmung und Entwicklung ihrerer Vorstellungen aufweisen. Sie sind damit altersabhängig aber nicht zwangsläufig in einer bestimmten Reihenfolge zu durchlaufen (vgl. Sommer, 2002, S. 70).

Eine Studie zum Thema „*Strahlung*“ wurde 2001 von Libarkin und Crockett durchgeführt, um das Wissen von Schülerinnen und Schüler, sowie Lehrerinnen und Lehrer in diesem Bereich zu untersuchen. Das Ergebnis hat gezeigt, dass vielen Kindern nicht klar ist, dass es sich bei Infrarotstrahlung und Ultraviolettstrahlung um einen, für uns, unsichtbaren Teil des (Sonnen-)Lichts handelt. Weiters konnte aufgezeigt werden, dass das Konzept, beziehungsweise der

Begriff „Infrarotstrahlung“ an sich, vielen Schülerinnen und Schüler nicht bekannt ist. Auch bei den Lehrkräften konnten Mängel in ihrem Wissen zu diesem Themenbereich aufgedeckt werden. Als Hauptstrahlungsquelle wurde von den meisten TeilnehmerInnen der Studie die Sonne identifiziert (vgl. Neumann, Hopf, 2011, S. 160f). Für meine Untersuchung und Auswertung der empirischen Studie sind diese Ergebnisse von Bedeutung, da ein Concept Cartoon speziell auf die Energie- und Wärmeübertragung der Sonne durch Infrarotstrahlung eingeht.

Was die Ansammlung und den Umgang von Wissen betrifft, konnte in einer Studie von Sommer gezeigt werden, dass schon Grundschulkindern der Computer als Wissensinstrument betrachtet. Die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler verwendet den Computer aber anderweitig, unter anderem zum Spielen. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass Computerspiele mit einem Weltraum-Setting durchaus einen Beitrag dazu leisten können ein differenziertes Bild von der Erde im Weltall zu zeichnen (vgl. Sommer, 2002, S. 80-82). Weiters konnte bei der Studie gezeigt werden, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sich die Himmelskörper „Sonne, Mond und Sterne [...] im Himmel“ vorstellen und „ein Weltall gibt es nicht“ (vgl. Barke, 2006, S. 22f, in: Sommer, 2002, S. 69).

Im Zuge der selben Untersuchung wurden von den Grundschulkindern Bilder von der Erde und dem Weltall gezeichnet. Die Zeichnungen wurden in mehrere Kategorien eingeteilt und konnten die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler grafisch festhalten. Es konnte dargestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler in der Grundschule ein weitaus höheres Verständnis und eine bessere Vorstellung zur Erde und dem Sonnensystem aufweisen als in bisherigen Untersuchungen, zum Beispiel von Sneider und Pulos oder Nussbaum (vgl. Sommer, 2002, S. 75-77), festgestellt wurde. Als Grund wird der bessere und steigende Zugang zu Informationsquellen bezüglich dieses Themengebietes angegeben. Die Hauptquellen stellen dabei die Medien Bücher, Fernsehsendungen und Zeitungen dar (vgl. Sommer, 2002, S. 75-77).

Trumper (2006) konnte in einer umfangreichen Studie die Fehlvorstellungen zu den Grundlagen der Astronomie für Schülerinnen und Schüler der „junior high school“, „senior high school“¹⁶, sowie Grundschul- und „high school“-Lehrer in Israel feststellen. Die Untersuchungsmaterialien beschränkten sich dabei vor allem auf die Wechselwirkungen zwischen Mond-Erde-Sonne. Unter anderem konnte herausgefunden werden, dass 45 % der Teilnehmer aus der „junior high school“ die variierende Distanz zwischen Erde und Sonne für die Jahreszeiten verantwortlich machen oder das 74 % glauben, der Mond wäre in der Vollmondphase während einer Sonnenfinsternis (vgl. Trumper, 2006, S. 87). Neben diesem Beispiel konnten noch einige weitere Schülervorstellungen ausfindig gemacht werden. Wie eigentlich

¹⁶ Die „junior high school“ reicht von elf bis 14 Jahren und würde in Österreich der AHS-Unterstufe entsprechen. Die „senior high school“ schließt an die „junior high school“ an und reicht von 15 bis 17 Jahren, womit es der AHS-Oberstufe entsprechen würde.

bei allen hier angeführten aktuellen Studien im Bereich der Schülervorstellungen in der Astronomie, beschäftigt sich keine explizit mit der Sonne. Die Erde als Untersuchungsrahmen steht hierbei meist im Fokus.

Viele Kinder und Jugendliche haben Schwierigkeiten, wenn es darum geht, einen Größenvergleich zwischen der Erde, der Sonne und dem Mond anzustellen. Durch die heutige Informationslage und dem Zugang zu Wissen durch die modernen Medien ist es für die Schülerinnen und Schüler aber einfacher wissenschaftlich korrekte Aussagen bezüglich der Form jener astronomischen Objekte zu tätigen, auch wenn sie nicht unmittelbar beobachtbar sind (vgl. Bryce und Blown, 2012, S. 390f). Wie schon erwähnt, durchlaufen diese Vorstellungen aber altersabhängig verschiedene Stadien: von einer flachen Erde, über eine Scheibe bis hin zur naturwissenschaftlich anerkannten Sichtweise einer kugelähnlichen Form.

Sharp konnte 1996 aufzeigen, dass 12-jährige Schülerinnen und Schüler für die Sonne unterschiedliche Formen annehmen, unter anderem wird sie als rund, rundlich, sphärisch, ballartig, kreisförmig oder erdähnlich beschrieben (vgl. Bryce und Blown, 2012, S. 395). In den Studien von Mikropoulos (2003) und Agan (2004) gingen 18 % und 29 % der teilgenommenen Schülerinnen und Schüler davon aus, dass die Erde größer als die Sonne sei (vgl. Bryce und Blown, 2012, S. 400). Bryce und Blown stellten 2012 in einer Studie an Kindern und Jugendlichen in Neuseeland und China fest, dass die Sonne als Feuerball oder Ball aus Feuer wahrgenommen wird. Es wurden explizit Flammen und Feuer als Merkmale der Sonne angeführt (vgl. Bryce und Blown, 2012, S. 410). Auch bei den dargestellten Zeichnungen wird ersichtlich, dass die Schülerinnen und Schüler zwischen drei und 18 Jahren stark variierende Vorstellungen zur Sonne aufweisen. Von Scheiben über Sterne bis hin zu „Gasbällen“ ist alles vertreten. Vor allem die einfacheren Zeichnungen der jüngeren TeilnehmerInnen sind vermutlich auf die begrenzten künstlerischen Fähigkeiten zurückzuführen. Mit dem Eintritt in die Sekundarstufe wurde ein verbessertes Verständnis von den Schülerinnen und Schüler über die Form und Größe von Erde, Sonne und Mond festgestellt. Die Schülerinnen und Schüler wussten auch, dass die Sonne größer als die Erde ist und diese wiederum größer als der Mond. Der Aufbau der Sonne wurde bis zu den circa 16 Jahre alten Schülerinnen und Schüler weiterhin als „fireball“ (Bryce und Blown, 2012, S. 420) beschrieben. Ab circa 16 Jahren kommt bei den Schülerinterviews das Konzept der nuklearen Aktivität der Sonne vor.

4. Empirische Untersuchung

Die qualitative Forschung in der Didaktik hat sich als alternative Untersuchungsmethode zur rein quantitativen Studie etabliert. Sie ermöglicht aus einer kleineren Stichprobengröße qualitativ aussagekräftige Thesen aufzustellen, die sonst mit großen Stichproben verifiziert oder falsifiziert werden würden. Um die Schülervorstellungen zur Sonne in Rahmen der Auswertung benennen zu können, müssen Kategorien geschaffen werden, in denen die Ergebnisse der Untersuchung eingeordnet werden können. Diese Kategorien sollen eine Verallgemeinerung der essentiellen Antworten der Schülerinnen und Schüler darstellen.

Die empirische Untersuchung fand in vier dritten Klassen an drei unterschiedlichen Wiener Gymnasien statt. Die Stichprobe der Studie stellen insgesamt 96 Schülerinnen und Schüler ($n = 96$) im Alter zwischen 12 – 15 Jahren dar, davon sind 51 Mädchen ($w = 51$) und 45 Jungen ($m = 45$). Die Definition der Stichprobe nach Raithel stellt *„eine Teilmenge aller Untersuchungseinheiten dar, die die untersuchungsrelevanten Eigenschaften der Grundgesamtheit möglichst genau abbilden“* (Raithel, 2008, S. 54) kann. Die Grundgesamtheit stellt die Schülerschaft der 3.Klassen AHS-Unterstufe dar. Durch die näherungsweise 50:50-Aufteilung des Geschlechts und die Anzahl der Schülerinnen und Schüler kann die Stichprobe als Exempel für die Gesamtheit angenommen werden.

Zur Erhebung der qualitativen Daten wurden insgesamt sechs Concept Cartoons und ein zweiseitiger Fragebogen entwickelt. Zur Pilotierung der erstellten Untersuchungsmaterialien wurden ein Junge, acht Jahre alt, und ein Mädchen, 13 Jahre alt, herangezogen. Aufgrund des in der Pilotierung erhaltenen Feedbacks wurde die Reihenfolge, sowie sprachliche Unklarheiten ausgebessert. Gleich anschließend an das Ausfüllen der Untersuchungsbögen wurde mit jeder Klasse eine offene Plenumsdiskussion geführt, bei welcher die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit bekommen haben, etwaige Unklarheiten sowohl organisatorischer als auch fachlicher Natur zu erörtern. Dieser Diskussion wurde im Vorhinein circa 15-20 Minuten eingeräumt. Da aber die meisten Klassen früher als gedacht mit den Concept Cartoons und dem Fragebogen fertig geworden sind, wurde die Zeit für Plenumsarbeit individuell an die Klassen angepasst. Für zwei der vier teilnehmenden Klassen wurde mit Hilfe von Audioaufzeichnungen Transkripte angefertigt, die im Anhang angeführt sind. Bei den beiden anderen Klassen wurde aufgrund von bürokratischen Problemen auf den Einsatz von Audioaufzeichnungen abgesehen.

Die für die Auswertung wichtige Methode bezieht sich auf die qualitative Inhaltsanalyse von Mayring (2010, S. 58-62 & S. 72) und wurde für die hier vorliegenden Daten angepasst. Das impliziert keinesfalls eine Verminderung der wissenschaftlichen Herangehensweise und Qualität der Forschungs- sowie der Analysearbeit. Durch die Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse und quantitativer Häufigkeitsverteilungen für die Auswertung der Concept Cartoons und der quantitativen Analyse der Fragebögen wird versucht, die Qualität der empirischen Untersuchung abzusichern.

Die These der Komplementarität einer Forschungsarbeit wird auch von Rost (1998) unterstützt, nachdem *„qualitative Daten mit der Anwendung von quantitativen Auswertungsmethoden verknüpft sein sollten“* (Rost, 1998, S. 40). Eine klare Trennlinie zwischen quantitativen und qualitativen Forschungsprozessen zu ziehen ist oft nicht möglich und laut Rost (1998) auch nicht sinnvoll, denn manche Elemente zeigen entweder *„mehr qualitativen oder quantitativen Charakter“* (Rost, 1998, S. 36). Abhängig vom jeweiligen Forschungsfeld und der dazugehörigen Fragestellung wird ein theoriegeleiteter Untersuchungsrahmen geschaffen, anhand dessen die dazu passenden Methoden, quantitativ oder qualitativ, ausgewählt werden (vgl. Rost, 1998, S. 36).

Die zentrale Methodik der Inhaltsanalyse von Mayring für diese Datenauswertung ist die *„Kategorisierung“*. Dabei werden die schriftlichen Begründungen der Schülerinnen und Schüler herangezogen und in einer Tabelle paraphrasiert. Dabei wird versucht, die Schülerinnen und Schüleraussagen in eigenen Worten wiederzugeben. Der nächste Schritt in der Kategorisierung ist die Paraphrasen zu generalisieren. Das bedeutet, dass die Paraphrasen verallgemeinert und die relevanten von den nicht relevanten Informationen getrennt werden. Der letzte Schritt stellt die Reduktion der Generalisierung auf ihre Kernaussage dar. Die Methode der *„Kategorisierung“* dient dazu Kernkonzepte der Schülerinnen und Schülerantworten herauszufiltern und im Anschluss mit Hilfe quantitativer Häufigkeitsverteilungen darzustellen.

Durch die Auszählung der Anzahl der vorgekommenen Antworten wird ihnen eine Gewichtung zugeschrieben. Aussagen, die wesentlich häufiger auftreten, können dementsprechend auch als dominanter beschrieben werden. Die Schlussfolgerung wäre, dass je häufiger eine gewisse Antwort vorliegt, die dazugehörige Schülervorstellung ebenfalls weit verbreiteter ist. Durch eine sogenannte *„Skalierung aufgrund des Kontextes“* (Mayring, 2010, S. 63) können den Ergebnissen eine genauere Stellung in der Untersuchung und dem Theoriemodell verliehen werden. Die Interpretation der Antworten erfolgt durch vier Schritte: *„Paraphrasierung“*, *„Generalisierung“*, *„Erste Reduktion“* und *„Zweite Reduktion“*, nach Mayring (vgl. Mayring, 2010, S. 70).

4.1 Forschungsfragen

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist für den Bereich der Astronomie im Kontext Schule einen Eindruck der Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler zur Sonne zu gewinnen. So trivial sich das auch anhört, viele Schülerinnen und Schüler haben grundlegend falsche Annahmen und Konzepte zur Sonne. Um die Forschung klar zu definieren und zu strukturieren, wurden die folgenden drei Forschungsfragen, auf formaler Vorlage von Karmasin und Ribing (2012), erstellt:

- Welche Schülervorstellungen über die Sonne können in der dritten Klasse AHS-Unterstufe beobachtet werden?
- Sind die vorhandenen Schülervorstellungen geschlechterabhängig?
- Sind die vorhandenen Schülervorstellungen von anderen Faktoren, wie zum Beispiel Interesse oder Erfahrungen in dem Thema sowie vom sozialen Umfeld abhängig?

Die Begrenzung auf die 3. Klasse Unterstufe ist absichtlich gewählt worden, um zum einen den Rahmen der Forschung nicht zu sprengen, obwohl eine Altersabhängigkeit als weitere Forschungsfrage interessant wäre, und zum anderen, weil in dieser Klasse die Sonne im Physikunterricht noch nicht Thema war. Die zu untersuchenden Schülervorstellungen zur Sonne beschränken sich auf folgende Unterkapitel:

- Ist die Sonne ein Planet oder ein Stern?
- Wie sieht die Oberfläche der Sonne aus?
- Was sind Sonnenflecken?
- Wie erzeugt die Sonne Wärme?
- Wie wird die Wärme von der Sonne zu uns transportiert?
- Was sind Protuberanzen?

4.2 Forschungsmethode

In der Literatur der empirischen Sozialforschung werden drei grundlegende Untersuchungsmethoden zur Datenerhebung angeführt: Interviews, Tests und Fragebögen (vgl. Schecker; Parchmann; Krüger, 2014, S. 12). Für die vorliegende Untersuchung werden sowohl Tests in Form von Concept Cartoons und die Methode des Fragebogens Verwendung finden. Der Fragebogen soll das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik und Astronomie im schulischen und privaten Rahmen feststellen. Die Concept Cartoons dienen zur Erhebung der Schülervorstellungen zur Sonne. In den folgenden zwei Kapiteln werden die beiden Untersuchungs-

methoden theoretisch sowie praktisch erklärt. Analog zur Reihenfolge der Untersuchung werden zuerst die Concept Cartoons näher betrachtet. Anschließend folgt die Methode des Fragebogens.

Die Concept Cartoons sind die primären Werkzeuge dieser Untersuchung um Schülervorstellungen über die Sonne herausfinden zu können. Ihre Anzahl ist auf sechs begrenzt, da nur auf einen bestimmten Ausschnitt, der astrophysikalischen Aspekte der Sonne eingegangen werden soll. Außerdem sollte die überschaubare Anzahl an Untersuchungsmaterialien zu keiner Überforderung seitens der Schülerinnen und Schüler und zu keiner Sprengung des zeitlichen Rahmens (einer Physikstunde) führen.

Der Fragebogen dient als quantitative Ergänzung der qualitativen Daten der Concept Cartoons und soll einen Einblick in die Interessensverteilung der Schülerinnen und Schüler, hinsichtlich Physik und Astronomie, geben. Zusätzlich wird ermittelt, inwieweit die Kinder zu Hause die Möglichkeiten bekommen ihr Interesse an Physik und Astronomie zu stillen. Um die Forschungsergebnisse und die daraus resultierenden Aussagen absichern zu können, wird nach Schecker, Parchmann und Krüger (2014, S. 12) die Methode der Triangulation angewendet. Dabei werden qualitative und quantitative Forschungswerkzeuge miteinander kombiniert, wodurch die Ergebnisse aus unterschiedlichen Blickrichtungen betrachtet werden können und somit eine fundierte und qualitativ hochwertige Aussage getätigt werden kann.

In jüngeren Studien konnte zur Feststellung von Präkonzepten gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I die Fähigkeit besitzen ihre Gedanken und den zugrundeliegenden Vorstellungen mit Hilfe von Wörtern Ausdruck zu verleihen (vgl. Bernholt, 2017, S. 102). Die Verschriftlichung von Gedanken stellt eine schwierigere Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler dar, als man erwarten würde. Zwar wird darauf hingewiesen, dass die Erkenntnisse vor allem durch Gespräche mit den Schülerinnen und Schüler gewonnen wurden, es kann aber davon ausgegangen werden, dass die in dieser Forschungsarbeit angewendeten Mittel zur Feststellung der Schülervorstellungen auch in Schrift möglich sind. Zusätzlich wurden in allen teilgenommenen Klassen Plenumsdiskussionen durchgeführt, die ebenfalls auf innere Gedankenprozesse zu den Concept Cartoons und den Schülervorstellungen zur Sonne abzielen. Die Transkripte zu zwei der vier Klassen werden im Anhang dargestellt.

4.2.1 Concept Cartoons

Concept Cartoons wurden 1992 von Brenda Keogh und Stuart Naylor, zwei britischen Lehrkräften, entworfen. Ihre alternative Lernmethode hat in den 1990er-Jahren in der Fachdidaktik und der konstruktivistischen Lerntheorie für viel Aufmerksamkeit gesorgt und setzten sich letztlich als eine weitere Lehrmethode und Lernmethode durch. Die Funktionen der Concept Cartoons sollten folgende Aufgaben im Klassenzimmer erfüllen:

- Einführung in eine Unterrichtseinheit
- Diagnose der aktuellen Lerngruppe zu Beginn einer Thematik bezüglich der Präkonzepte oder Fehlvorstellungen
- Reflexion mit den Lernenden am Ende der Thematik zur Festigung der wissenschaftlichen Vorstellungen und zur Argumentation gegen häufig auftretende Fehlvorstellungen
- Einbeziehung von Präkonzepten in die Vorbereitung einer Unterrichtseinheit und zu Überlegungen, auf welchem Wege die Präkonzepte korrigiert werden können
- Einbeziehung von hausgemachten Fehlvorstellungen in die Vorbereitung einer Unterrichtseinheit und zu Überlegungen, auf welchem Wege einer Prävention erfolgen soll (vgl. Barke, Engida, Yitbarek, 2010, S. 1)

Sie wurden in erster Linie den Lehrerinnen und Lehrer als zusätzliche Hilfestellung zu den herkömmlichen Lehr- und Lernmaterialien angeboten. Die Wirksamkeit der Concept Cartoons als Unterrichtsmethode wurde innerhalb einer Studie mit Lehrerinnen und Lehrer aus der Primär- und Sekundärstufe überprüft. Dabei ist vor allem die erhöhte Motivation und Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht von Seiten der Schülerinnen und Schüler hervorzuheben. Auch unter den teilnehmenden Lehrkräften wurde eine positive Bilanz gezogen und die neue Unterrichtsmethode willkommen aufgenommen (vgl. Keogh; Naylor, 1999, S. 431-436). Zusammenfassend wurden die Ergebnisse der Studie folgendermaßen dargestellt:

„The concept cartoon appear to provide a powerful stimulus to learners to focus their attention on constructing meaningful explanations in a similiar manner to enigmas and problems identified (...). Learners responed positively in the majority of instances. Even in situations where the pupils were normally considered to be lacking in motivation, (...), higher than expected levels of involvement and interest were reported. The presentation of the ideas in a visual form seems to be significant in the process of capturing attention.“ (vgl. Keogh; Naylor, 1999, S. 442).

Es wird nicht automatisch davon ausgegangen, dass die Methode der Concept Cartoons im Vergleich mehr oder weniger Effektivität im Umgang mit Schülerinnen und Schüler aufweist. Es kommt immer auf die Kontextualisierung und die Rahmenbedingungen an, ob es sinnvoll ist, Concept Cartoons im Unterricht einzusetzen oder nicht. Auf jeden Fall sollten Concept Cartoons eine alternative Methode im Unterricht darstellen und nicht den Anspruch erheben einen idealen Lösungsweg für alle Lernschwierigkeiten anzubieten. Den Lehrerinnen und Lehrer

wird mit diesem Instrument die Möglichkeit geboten, direkter und aktiver auf die Ideen der Schülerinnen und Schüler bezüglich eines wissenschaftlichen Konzeptes einzugehen. Im Rahmen der Concept Cartoons ist es möglich beziehungsweise sogar erwünscht, Diskussionen anzuregen und anschließend mögliche Alternativen für ihre Präkonzepte herauszuarbeiten und dem Plenum zu präsentieren.

Concept Cartoons können in unterschiedlicher Weise definiert werden und verfolgen dementsprechend auch andere Zielsetzungen. Die Idee, die den Concept Cartoons aber allen zugrunde liegt, befasst sich mit einer visuellen Auseinandersetzung einer (wissenschaftlichen) Fragestellung. Erstmals wurden sie auf Postern in der Londoner U-Bahn eingesetzt, um Erwachsenen wissenschaftliche Konzepte näherzubringen (Inel und Balim, 2013). Abbildung 10 stellt ein Beispiel eines Concept Cartoons dar, wie er heutzutage Verwendung findet.

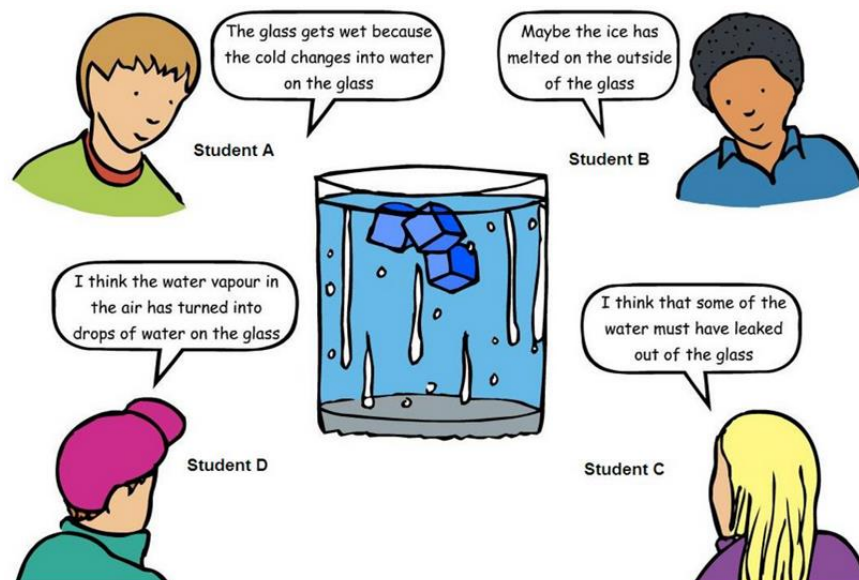


Abbildung 10: Beispiel eines Concept Cartoons zum Thema Wärmelehre und Aggregatzustände.¹⁷

In den 1990er-Jahren wurde das Konzept der Concept Cartoons in der fachdidaktischen Literatur durch Brenda Keogh und Stuart Naylor thematisiert (vgl. Kaptan; Izgi, 2014, S. 2308). Erst anschließend wurden sie, vor allem im Bereich des problemorientierten Lernens, als Lehrmittel verwendet. Das problemorientierte Lernen ist Teil des konstruktivistischen Lehr- und Lernansatzes. Eine Definition von Concept Cartoons bezeichnet sie als

¹⁷ Bildquelle: (<https://discoro.wordpress.com/2015/11/29/concept-cartoons/>).

„cartoon style drawings designed as a stimulus to question; to intrigue; to provoke discussion; and to generate scientific thinking“ (vgl. Long; Marson, 2003). In der Fachdidaktik werden Concept Cartoons als *„visual tools composed of three or more characters suggesting ideas, discussing or thinking about a subject, an incident or a concept in daily life“* (vgl. Ormanci; Sasmaz-Ören, 2011, S. 3583) dargestellt.

Durch den Namen der Methode darf nicht davon ausgegangen werden, dass Humor eine große Rolle bei den Concept Cartoons spielt. Im Vergleich zu herkömmlichen Cartoons wird hierbei nur das Zeichenmittel verwendet, um den Schülerinnen und Schülern einen leichteren Zugang zu einer gewissen Thematik oder einem Problem zu bieten. Neben den cartoonhaften Zeichnungen können auch reale Bilder verwendet werden, um eine Problemstellung darstellen zu können. Humor und Satire werden dabei nicht eingesetzt.

Ein zentrales Thema wird von mehreren Personen diskutiert. Jeder der abgebildeten Personen vertritt eine eigene Meinung zu der Fragestellung (vgl. Kaptan; Izgi, 2014, S. 2308). Einer dieser Standpunkte stimmt mit der wissenschaftlichen Betrachtungsweise überein und die restlichen nicht. Durch diese Konstellation wird es im besten Fall ermöglicht, eine produktive und aufschlussreiche Diskussion in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler anzuregen. Laut Kabapinar kann zusätzliches Vertrauen durch die Namensgebung der abgebildeten Personen erreicht werden (vgl. Kaptan; Izgi, 2014, S. 2308).

Die Fragestellungen der Concept Cartoons fokussieren sich oft auf alltägliche und bekannte Probleme. Damit kann speziell in der Schule sichergestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler, auch wenn es noch nicht explizit erwähnt worden ist, eine Meinung beziehungsweise eine Vorstellung zu diesem Thema haben. Diese Vorstellungen sind in Präkonzepte eingebettet und helfen den Kindern die Welt um sich herum zu erklären. Dass diese Vorstellungen oft nicht mit der wissenschaftlichen Sichtweise, die man versucht in der Schule zu vermitteln, übereinstimmt ist bekannt. Je nach Altersstufe können die Fragen und Antworten angepasst werden.

In der Praxis des Unterrichtens werden die Concept Cartoons oft verwendet, um Diskussionen zu starten und die Aussagen der im Cartoon vorkommenden Personen zu überprüfen. Der Lehrende nimmt dabei die Rolle eines Moderators ein, da sich die Schülerinnen und Schüler selbstständig mit den Problemen und ihren Lösungen auseinandersetzen sollen. Durch die visuelle Darstellung der Concept Cartoons wird die Aufmerksamkeit, Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler angesprochen. Speziell Themen, die aus dem Alltag entnommen werden, zeigen große Wirkung. Zusätzlich tritt der sogenannte *„Personalisierungseffekt“* (Mayer, 2000) durch die Darstellung von Schülerinnen und Schüler in den Concept Cartoons auf. Ein weiterer wichtiger Punkt, der ebenfalls zum Erfolg der Concept Cartoons als

Erhebungsinstrument beiträgt, ist die Auswahlmöglichkeit der Antworten. Den Schülerinnen und Schülern wird dadurch auch signalisiert, dass es nicht eine Meinung oder eine „richtige“ Antwort auf eine naturwissenschaftliche Fragestellung gibt und deswegen auch keine Angst haben sollen, beziehungsweise müssen, ihre Einstellungen und Vorstellungen kundzutun (vgl. Bernholt, 2017, S. 115). Mit Hilfe von mehreren Lösungsansätzen wird den Kindern eine Hilfestellung angeboten, vor allem wenn sie sich zum ersten Mal mit der dargestellten Thematik auseinandersetzen.

Zusätzlich kann die Methode der Concept Cartoons je nach Zielsetzung sowohl in Einzelarbeit, in Partnerarbeit oder Gruppen durchgeführt werden. Dabei muss bedacht werden, dass bei einer Gruppenarbeit eine andere Dynamik auftritt und die Ergebnisse der Einzelpersonen anders analysiert werden müssen.

Bei der Gestaltung der Concept Cartoons wurde nach der Pilotierung die Ich-Formulierung der Antworten durch neutrale Aussagen ersetzt. Zwar wird durch die Verwendung von einer Ich-Aussage in den Antworten der Concept Cartoons der persönliche Charakter hervorgehoben, wie es Bernholt (2017) betont, dennoch machte es in diesem Kontext mehr Sinn darauf zu verzichten. Es wurde dennoch darauf geachtet, den Schein einer persönlichen Aussage nicht zu zerstören. Der gemachten Erfahrung nach hat es dem Ergebnis dieser empirischen Untersuchung keinen Abbruch getan.

Die Methode der Concept Cartoons kann neben dem Lehren und Lernen auch verwendet werden, um einen Raum für Diskussionen zu gestalten, Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit geben eigene Fragen zu stellen und zu ermuntern eigene wissenschaftliche Ideen herzustellen. Speziell der verwendete Kontext alltäglicher Probleme, siehe Abbildung 10, veranlasst die Schülerinnen und Schüler zu einer genaueren Auseinandersetzung mit der dargestellten Thematik und ermöglicht so wiederum eine intensivere Auseinandersetzung mit den eigenen Vorstellungen (vgl. Fenske; Klee; Lutter, 2011, S. 47).

Ebenfalls kann die Methode der Concept Cartoons als Alternative zu den Evaluierungsmaßnahmen eingesetzt werden. Concept Cartoons können verwendet werden, um die oben beschriebenen Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler festzustellen (vgl. Ormanci; Sasmaz-Ören, 2011, S. 3583), diese zu diskutieren (vgl. Ingec, 2008, S. 53) und anschließend für die Didaktik anwendbar zu machen. Aufbauend auf die Evaluation der Schülervorstellungen zu einem bestimmten Themenbereich kann die Fachdidaktik neue Unterrichtskonzepte entwickeln, um den Fehlvorstellungen entgegenzuwirken.

Das Design der Concept Cartoons folgt ein paar Grundregeln, die folgendermaßen (vgl. Kabapinar, 2009, S. 106 und Bernholt, 2017, S. 106f) konzipiert sind:

- Sie sollen möglichst kurz gehalten werden
- Sie sollen in einen Dialog eingebettet sein
- die wissenschaftlichen Konzepte sollen einen Alltagsbezug aufweisen
- die alternativen Aussagen der Charaktere sollen nach dem wissenschaftlichen Standpunkt der Schülervorstellungen ausgewählt werden, um den Kindern eine möglichst gleichwertige Auswahl an Antworten zu bieten

Dadurch soll vermieden werden, dass die Schülerinnen und Schüler aufgrund kontextorientierter Schlussfolgerungen in Bezug zur Aufgabenstellung die richtige Antwort herausfinden können, ohne die anderen in Erwägung gezogen zu haben. Zusätzlich muss die verwendete Sprache altersgemäß ausgewählt werden. Darunter fallen auch das Fachvokabular der Antworten und die Frage- beziehungsweise Aufgabenstellung. Laut einer Untersuchung von Kabapinar haben weitere Merkmale von Concept Cartoons, wie Größe der Arbeitsblätter oder Benennung der Charaktere, keine große Auswirkung auf ihre Wirksamkeit. Dennoch, wie in der durchgeführten Studie von Kabapinar festgestellt werden kann, dienen Concept Cartoons in der Größe normaler Arbeitsblätter (DIN A4) einer individuelleren Beobachtung der Schülerinnen und Schüler, besseres Classroom-Management und eine Selbststeuerung der Arbeitsgeschwindigkeit der Schülerinnen und Schüler. Außerdem können sie leichter für zukünftige Untersuchung aufbewahrt werden, wodurch sie in gewissen Situationen gegenüber dem Posterformat bevorzugt werden. Sie liefern aber ähnliche Ergebnisse wie Concept Cartoons, die mit Hilfe von Postern vermittelt werden. Die Benennung der Personen hat den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler einen engeren Bezug zu den Concept Cartoons herstellen können und den Aussagen der dargestellten Personen dadurch mehr Glaubwürdigkeit zuordnen (vgl. Kabapinar, 2009, S. 108-112).

Um als Lehrerin oder Lehrer einen Lernerfolg erzielen zu können, muss eine „*close connection between the everyday life concepts and the scientific concepts*“ (vgl. Fenske; Klee; Lutter, 2011, S. 46) hergestellt werden. Bei der Feststellung von Schülervorstellungen mit Hilfe von Concept Cartoons gibt es zu herkömmlichen Methoden ein paar Vorteile, die nachfolgend ein wenig näher beschreiben werden. Concept Cartoons bieten den Schülerinnen und Schüler vorgefertigte Aussagen von Charakteren, denen sie der Fragestellung entsprechend zustimmen sollen. Dadurch, dass es nicht die Idee der Schülerinnen und Schüler selbst war, fällt es ihnen leichter in eine Debatte bezüglich der Antworten einzusteigen und eine Position zu vertreten. Die Angst Fehler zu machen und diese öffentlich (im Klassenzimmer) zu äußern wird damit verringert. Zusätzlich werden die zu erforschenden Präkonzepte der Kinder nicht von ihren Mitschülerinnen und Schüler beeinflusst, wenn jeder ein Concept Cartoons eigenständig bearbeitet.

Ein weiterer Vorteil im Umgang mit Concept Cartoons ist, dass man, je nach Design, auch Informationen zu den Hintergründen der Schülervorstellungen bekommt. Nicht jedes Kind hat den gleichen Erklärungsansatz zu einem alltäglichen Phänomen und damit können Rückschlüsse zur Entstehung und schlussendlich auch zur Lösung von Präkonzepten gefunden werden (vgl. Kabapinar, 2005, S. 140f).

Die Begründungen, die ergänzend zu den Antworten der Concept Cartoons von den Schülerinnen und Schüler angeführt wurden, können laut einer Studie von Kuhn (2000), als glaubwürdig und gut argumentiert angenommen werden, da schon Kinder im Alter von 10 Jahren ihre Gedankenprozesse ihrer Alltagsvorstellungen erklären können. Diese Erkenntnis gilt vor allem für die alltäglichen Lebensbereiche der Kinder (vgl. Bernholt, 2017, S. 100). Unter diesen Alltagsbereichen können auch die Schülervorstellungen der Sonne gezählt werden.

Im Zuge einer Studie von Elder (2002) über naturwissenschaftliche Schülervorstellungen wurden deren Quellen erhoben. Es konnte gezeigt werden, dass speziell „*passive Wissensquellen [...] wie beispielsweise Bücher, Fernsehen oder andere Personen*“ (Bernholt, 2017, S. 101) für die vorherrschenden Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler verantwortlich sind. Ebenfalls können wie schon erwähnt worden ist, die Lehrpersonen zur Bildung von naturwissenschaftlich inkorrekten Vorstellungen führen.

4.2.2 Fragebogen

Tiemann und Körbs beschreiben die Methode der Fragebögen als einen „*wichtigen Bestandteil der empirischen didaktischen Forschung*“ (vgl. Tiemann; Körbs, 2014), welche auf eine lange Tradition zurückblicken kann (vgl. Busker, in Krüger; Parchmann; Schecker, 2014, S. 269). Das Design des Fragebogens ist, neben den weiteren Untersuchungsmethoden, für die Objektivität und die Validität der empirischen Untersuchung von großer Bedeutung. Um einen solchen Fragebogen herzustellen und anschließend auszuwerten, orientiert man sich an schon etablierten Instrumenten der Fachdidaktik und passt sie den, für seine eigenen Forschungsbedürfnisse, notwendigen Gegebenheiten an. Grundsätzlich kann man einen Fragebogen verwenden um „*Interessen, Überzeugungen, Einstellungen und Meinungen zu einem bestimmten Sachverhalt*“ (vgl. Mummendey; Grau 2008; Raab-Steiner; Benesch 2011; Rost 2004, in Krüger; Parchmann; Schecker, 2014, S. 283) in einer komprimierten Form schnell zu evaluieren. Es kann bei der Fragestellungsform zwischen offenen, geschlossenen und halboffenen Fragen unterschieden werden (vgl. Porst, 2014, S. 53).

Für diese Untersuchung wurde auf die Form der geschlossenen Fragen mit einer Ordinal-Skala als Antwortmöglichkeit zurückgegriffen. Die Ordinal-Skala bietet Antwortmöglichkeiten an, die zusammen eine Rangliste bilden, zum Beispiel von „*viel nach wenig*“ oder „*oft bis gar nicht*“. Da die Abstände zwischen den einzelnen Antworten zwar gleich groß definiert worden sind, aber eine klare Mitte fehlt, kann man nicht von einer intervallskalierten Antwortdarstellung sprechen, sie ist nur quasi-intervallskaliert (vgl. Porst, 2014, S. 73-76). Grundsätzlich werden verschieden feine Skalen verwendet, um die persönlichen Standpunkte der Probanden feststellen zu können. Ein klassisches Format für einen Fragebogen wäre eine Unterteilung von „*trifft voll zu*“ bis „*trifft gar nicht zu*“, die als „*Rating*“ definiert sind. Die „*Bedeutungsabstände zwischen den Antwortmöglichkeiten*“ (vgl. Bortz; Döring, 2006; in Krüger; Parchmann; Schecker, 2014, S.285) sollten dabei klar ersichtlich und gleich groß sein.

Je nach gewünschten Antwortverhalten der Probanden ist es wichtig, sich für eine gerade oder ungerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten zu entscheiden. Bei einer ungeraden Skala, zum Beispiel fünf Antworten, kann es im Vergleich zu einer geraden Skala, zum Beispiel vier Antworten, zu einer neutralen Einstellung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen (vgl. Bortz; Döring, 2006; Bühner 2009; Moosbrugger; Kelava 2012; in Krüger; Parchmann; Schecker, 2014, 284). Um ein neutrales Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler auszuschließen, wurde für diese Arbeit eine gerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten, meistens vier, gewählt. Diese Entscheidung wurde aufgrund der Forschungsfrage und auf Basis der Vor- und Nachteile, die Porst formuliert hat, getroffen, da ein Verhalten in den positiven oder negativen Bereich untersucht werden soll. Als Nachteil bei dieser Lösung ist aber offensichtlich, dass denjenigen Schülerinnen und Schülern die Antwortmöglichkeit vorenthalten wird, die sie vielleicht wirklich vertreten, und zwingt sie zu einer aus ihrer Sicht „*falschen*“ Antwort (vgl. Porst, 2014, S. 84).

Eine andere Form von Fragen könnten als „*Multiple-Choice*“ beziehungsweise, wenn nur eine Antwort angegeben werden kann, als „*Single-Choice*“-Formate Anwendung finden. In Fall dieser Diplomarbeit wurde das „*Rating*“-System gewählt. Auf das konkrete Fragebogendesign wird später noch genauer eingegangen. Die Angabe der Zustimmungsgrade birgt den Vorteil einer raschen und vor allem objektiven Auswertung der Ergebnisse, da sie von der auswertenden Person unabhängig ist und eine eindeutige Aussage besitzt. Bei der Formulierung und der Gestaltung eines Fragebogens ist der Kreativität ein grober Rahmen gesetzt, innerhalb dessen die Skalen so fein oder grob wie nötig sein können. Das Ziel der Fragebogenmethode ist aber nicht zwischen „*richtig*“ und „*falsch*“ zu differenzieren, sondern ein Spektrum von unterschiedlichen Interessens- und Meinungsstandpunkten zu erhalten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der Gestaltung eines erfolgreichen Fragebogens liegt in der Anordnung der Frageitems. Am Beginn sollte daher immer eine „*Erhebung soziodemographischer Hintergrunddaten, wie zum Beispiel Alter, Geschlecht, Wohnort*“ (vgl. Tiemann; Körbs, 2014) stehen. Die dadurch gewonnenen Daten können je nach Fragestellung von wesentlicher Bedeutung sein, um zum Beispiel Alters- oder Geschlechterdiskrepanzen ausfindig machen zu können. Falls der Fragebogen nur ein Teil der Untersuchung ist, sollte in irgendeiner Art und Weise, zum Beispiel durch eine Identifikationsnummer (ID) oder durch Zusammenheften der Untersuchungsunterlagen, gewährleistet werden, dass alle erhobenen Daten eindeutig zuordenbar sind. Das ist vor allem für anschließende Interviews, Post-Tests oder weiterführende Studien/Forschungen wichtig.

Bei der Methode des Fragebogens ist speziell die Objektivität hervorzuheben, da es keine richtigen oder falschen Antworten geben kann. Das ist mitunter hilfreich bei Kindern, die hinter jeder Fragestellung eine Bewertung vermuten. Der in dieser Arbeit verwendete Fragebogen setzt auf skalenorientierte Fragestellungen die als verbalisierte Likert-Skala¹⁸, die in der sozialwissenschaftlichen Forschung weit verbreitet ist, verstanden werden und wurden nach Empfehlung von Busker formuliert und orientieren sich an den Beispielen von Kircher zur Feststellung von Interesse und Einstellungen im Physikunterricht (vgl. Busker, in Krüger; Parchmann; Schecker, 2014, S. 273 und Kircher, 2009, S. 304f). Die hier verwendete Skala reicht bei den meisten Fragestellungen von „*Sehr stark*“ – „*Stark*“ – „*Gering*“ bis „*Gar nicht*“. Bei den Fragen über den Wissenserwerb sind die Skalen individualisiert, dass bedeutet für die Antwortmöglichkeiten folgendes:

- Wie viele Bücher/Zeitschriften über Astronomie/Physik/Raumfahrt/Weltall hast du zu Hause?:
Keine, 1-3, 4-6, Mehr als 7
- Wie oft siehst du dir naturwissenschaftliche Fernsehsendungen an?:
Nie, 1-2-mal/Woche, 3-4-mal/Woche, 5-6-mal/Woche, Jeden Tag
- Wie oft benutzt du das Internet um Informationen zu sammeln?:
Sehr oft, Oft, Wenig, Nie
- Redest du mit deinen Eltern/Familienmitgliedern/Freunden über astronomische Phänomene?:
Sehr oft, Oft, Wenig, Nie
- Hast du schon einmal ein Planetarium oder eine Sternwarte besucht?:
Ja, Nein

¹⁸ Die Likert-Skala ist eine Erhebungsmethode zu einer Einstellung einer befragten Person zu einem gewissen Thema. Dabei steht der befragten Person eine Intervallskala zur Verfügung, die in unterschiedliche Grade der Zustimmung oder Ablehnung unterteilt ist (https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/82/likert_skala/).

Ein vermeintlich unterschätzter aber durchaus wichtiger Punkt, vor allem für Porst, stellt die letzte Seite des Fragebogens dar. Das Wichtigste dabei ist, den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Umfrage das Gefühl der Dankbarkeit zu vermitteln an der Untersuchung teilgenommen zu haben. Auch wenn es nach einer leeren Floskel aussieht, hat es eine größere Bedeutung für die Schülerinnen und Schüler, wenn ihnen in Form eines kurzen „*Vielen Dank für deine Mithilfe*“ das Wohlwollen des Untersuchenden ausgedrückt wird (vgl. Porst, 2014, S. 162).

4.3 Design der Untersuchungsunterlagen

Die hier verwendeten Untersuchungsunterlagen, Concept Cartoons und der Fragebogen, sind durch einen mehrschichtigen Prozess entstanden. Zu Beginn stellte sich die zentrale Frage, welche spezifischen Kapitel der Sonne untersucht werden sollen. Die Entscheidung vor allem auf den astrophysikalischen Bereich der Sonne zu fokussieren war schnell getroffen. Ideen für die einzelnen Fragen der Concept Cartoons entstanden durch Recherche über die Sonne und durch einen fachtheoretischen und fachdidaktischen Austausch mit einem Kollegen aus dem Planetarium. Erste Gestaltungskonzepte wurden mit Hilfe von Vorlagen anderer Concept Cartoons angefertigt. Nach einem konstruktiven Feedback von Seiten der Betreuerin und eines Kollegen wurden die ersten Entwürfe verbessert. Die zweiten Versionen wurden dann in der Pilotierung, siehe Kapitel 4.4., getestet und anhand der Ergebnisse optimiert. Die dadurch entstandenen Endversionen der sechs Concept Cartoons fanden für die empirische Untersuchung Verwendung. Für die Gestaltung des Fragebogens wurde ähnlich vorgegangen. Nach einem ersten Entwurf und dem Feedback der Betreuerin wurden einzelne Punkte aufgebessert. Ein Kollege, der ebenfalls ein Fragebogenmodell für seine empirische Untersuchung verwendet hat, lieferte zusätzliche konstruktive Verbesserungsvorschläge für den Fragebogen. In der Phase der Pilotierung der Untersuchungsunterlagen wurde der Fragebogen getestet und lieferte die erwarteten Ergebnisse, wodurch nur Kleinigkeiten optimiert werden mussten. Die erstellten und verwendeten Untersuchungsunterlagen sind im Anhang (S. 127-134) nachzusehen.

4.4 Pilotierung der Concept Cartoons

Bevor die Concept Cartoons in den Versuchsklassen angewendet werden konnten, sollte, basierend auf der Einhaltung der Kriterien für fundiertes wissenschaftliches Arbeiten, ihre Wirksamkeit, „Anwendbarkeit, Vollständigkeit, Verstehbarkeit und Qualität“ (Raithel, 2008, S. 63) in einer Pilotierung getestet werden, um eventuell notwendige Veränderungen vornehmen zu können. Dafür wurden zwei Bekannte, ein Mädchen im Alter von 13 Jahren, die in die dritte Klasse Unterstufe eines Privatschulsystems in Wien geht, und ein Junge mit 8 Jahren, der in die 3. Klasse einer Privatschule ebenfalls in Wien geht, herangezogen. Wissenschaftlich kann diese Pilotierung angezweifelt werden, weil die Probengröße ($n = 2$) sehr klein ist und aufgrund des Alters des Jungen nicht den realen Untersuchungsrahmen widerspiegelt. Dennoch haben die Ergebnisse der Pilotierung ihren Zweck erfüllt und eine bessere Einsicht in die Struktur und Gestaltung der Untersuchungsunterlagen geboten.

Der Vorteil diese beiden Kinder heranzuziehen war einen männlichen Vertreter und eine weibliche Vertreterin für die Pilotierung zur Verfügung zu haben. Ein weiterer Vorteil war das Alter, denn das Mädchen entspricht mit 13 Jahren genau dem Untersuchungsprofil und der Junge mit 8 Jahren stellt eine Erweiterung des Untersuchungsprofils dar. Zwar kann keine qualitative Aussage über einen Altersunterschied angestellt werden, da die Stichprobe zu gering war, dennoch ist anzunehmen, dass das Alter der Probanden einen Einfluss auf das Antwortverhalten hat. Die Rahmenbedingungen waren für beide Kinder gleich, da sie Geschwister sind und somit Zugang zu den gleichen wissenschaftlichen Inhalten in Büchern, Internet oder Fernseher besitzen.

Die Untersuchung fand bei ihnen zu Hause statt. Für die Untersuchung wurden 20–30 Minuten eingerechnet plus eine kurze Nachbesprechung zu den Concept Cartoons. Bevor die Untersuchungsunterlagen ausgeteilt wurden, ist geklärt worden, wofür diese Untersuchung durchgeführt wird und was sie ungefähr erwartet. Sie hatten somit keine Möglichkeit sich zusätzliche Informationen zum Thema Sonne anzueignen und waren komplett auf ihren bisherigen Erfahrungsschatz und ihre Vorstellungen zur Sonne angewiesen. Anschließend wurde ihnen noch die Spielregeln erklärt, die 1:1 auf die Untersuchungsklassen angewendet wurden:

- Es werden keine Hilfsmittel, zum Beispiel Handy oder Bücher zur Beantwortung der Fragen verwendet
- Es soll nicht beim Sitznachbarn abgeschaut werden, da es sonst zu einer Verfälschung der Untersuchungsergebnisse kommen würde
- Niemand außer mir wird die Antworten auf die Fragen sehen und es wird auch nicht benotet, oder als richtig/falsch bewertet werden
- Es sollen keine Namen auf die Untersuchungsunterlagen geschrieben werden, um Anonymität gewährleisten zu können¹⁹
- Falls es Verständnisprobleme gibt, nur an mich wenden

Nachdem dieser administrative Punkt geklärt worden war, wurden ihnen die Concept Cartoons ausgeteilt. Um die Einhaltung der vorab aufgestellten Untersuchungsbedingungen gewährleisten zu können, wurde ihr Verhalten beobachtet. Das Mädchen brauchte circa 20 Minuten, um die alle sechs Concept Cartoons plus den zweiseitigen Fragebogen zu beantworten. Der Junge brauchte ein paar Minuten länger für das vollständige Ausfüllen der Untersuchungsunterlagen. Vermutlich liegt die zusätzlich benötigte Zeit zur Beantwortung der Concept Cartoons in seinem Alter, da die Fragestellungen nicht primär für sein Alter konzipiert wurden. Um ein tiefergehendes Verständnis über ihre Erfahrung zu den Concept Cartoons zu bekommen, wurde anschließend nach ihren Meinungen zur Gestaltung, den Fragestellungen, den Antworten und den Bildern gefragt. Ihre Antworten sind stichwortartig in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Eine besondere Stellung nehmen die Begründungen für die Wahl der Antworten ein. Dadurch soll ein tieferer Einblick in die Entscheidung ermöglicht werden. Sie dienen konkret als Ergänzung und sollten immer erwähnt werden, auch wenn die Begründung dann nur als „*Bauchgefühl*“ definiert wird. Die bei der Pilotierung der Concept Cartoons gegebenen Antworten der beiden Teilnehmer werden in Tabelle 1 dargestellt.

¹⁹ Basierend auf den ethischen Regeln der UNICEF für den Umgang mit wissenschaftlichen Untersuchungen an denen Kinder beteiligt sind. Folgende Aussagen bildeten die Grundlage für die Untersuchung: „*Privacy means that entrusted information received from children must be respected and safeguarded*“, „*Privacy includes ensuring that research participants are anonymous and not identifiable in research reports, presentations, and other means of disseminating findings*“, „*Privacy and confidentiality when conducting research using technological media is an important consideration*“, sowie „*Respecting the privacy of the child requires the researcher to keep information confidential and not pass it on intentionally or inadvertently to family members, friends or others known to the child*“ (UNICEF; Childwatch; University of Otago; Southern Cross; Centre of Children and Young People, 2013, S. 74-85).

Geschlecht	Stern/ Planet	Oberfläche	Sonnenfleck	Auswurf	Funktionsweise	Transport
W	Tom (Tom)	Sarah (Sarah)	Sarah (Markus)	Markus (Markus)	Sarah (Sarah)	Sarah (Violeta)
M	Tom (Tom)	Markus (Sarah)	Markus (Mar- kus)	Violeta (Markus)	Sarah (Sarah)	Sarah (Violeta)

Tabelle 1: Antworten zu den Concept Cartoons der Pilotierung. Die richtigen Antworten sind in der Klammer angegeben. Die fettmarkierten Punkte stellen eine Diskrepanz zwischen gegebener und richtiger Antwort dar.

Die Begründungen für ihre Entscheidungen werden in der folgenden Liste dargestellt und kategorisiert. Die Generalisierung der Antworten wird rechts neben der Begründung fettgedruckt in einer Klammer festgehalten.

- Concept Cartoon 1 (Planet oder Stern):
 - Mädchen: „weil ja Sterne leuchten und da sie (Anm. die Sonne) kein Wasser und kein Leben darauf hat ist sie meiner Meinung nach ein Stern“ (**Sterne sind unbewohnbar und leuchten → Planeten sind bewohnbar und leuchten nicht**)
 - Junge: „Bauchgefühl“ (**Intuition**)
- Concept Cartoon 2 (Oberfläche der Sonne):
 - Mädchen: „aber ich glaube sie besteht auch aus anderen Stoffen, Mineralien, ...“ (**Sonne besteht nicht nur aus Gasen, sondern auch aus festen Materialien**)
 - Junge: keine Antwort
- Concept Cartoon 3 (Sonnenflecken):
 - Mädchen: „weil es ja verschiedene Stoffe/Gase auf der Sonne gibt, vielleicht sind die dann „aufeinander“ getroffen oder so“ (**Vermischung der unterschiedlichen Stoffe**)
 - Junge: keine Antwort
- Concept Cartoon 4 (Auswurf):
 - Mädchen: „weil es am logischsten klingt“ (**Intuition**)
 - Junge: keine Antwort
- Concept Cartoon 5 (Funktionsweise):
 - Mädchen: „Sarah & bei Tom stimme ich ihm nur zu, dass mit dem festen, glühenden Kern & Markus könnte auch stimmen“ (**Kernfusion findet im festen Kern der Sonne statt, Kernfusion könnte ein Art Verbrennungsprozess sein**)
 - Junge: keine Antwort

- Concept Cartoon 6 (Transport):
 - Mädchen: keine Antwort
 - Junge: keine Antwort

Die Antworten des Fragebogens sollen in der Tabelle 2 angeführt werden. Interessant dabei ist das starke Interesse des 13-jährigen Mädchens an Physik. Das Interesse an der Astronomie und naturwissenschaftlichen Fernsehsendungen wird nur als gering eingestuft. Bei dem 8-jährigen Jungen ist es umgekehrt, das Interesse an Physik wird nur als gering eingestuft, hingegen an Astronomie als sehr stark. Das ist insofern interessant, da es der typischen Interessensverteilung im Physikunterricht widerspricht, die davon ausgeht, dass Mädchen gegenüber Physik uninteressierter sind als Buben (Wodzinski, in: Kircher, 2009, S. 583). Es soll hier aber nicht angenommen werden, dass diese einzelne Darstellung repräsentativ ist. Das Interesse an gewissen Einzelgebieten innerhalb der Astronomie wird für das Mädchen als stark und für den Jungen als sehr stark eingeschätzt. Nur das Sonnenlicht wirkt für das Mädchen eher uninteressant und wird als gering festgelegt. Für den Jungen wirken naturwissenschaftliche Bücher, die Funktionsweise der Sonne sowie das Sonnenlicht als eher uninteressant.

Die Informationsquellen beschränken sich auf die Nutzung des Internets, dass von beiden oft bis sehr oft verwendet wird. Es gibt 1-3 Bücher mit physikalischen Themen bei den Kindern zu Hause, zumindest die ihnen bekannt und zugänglich sind. Naturwissenschaftliche Fernsehsendungen werden gar nicht konsumiert und auch mit den Eltern oder Freunden wird außerhalb der Schule nicht über physikalische oder astronomische Themen gesprochen. Beide Kinder besuchten schon ein Planetarium oder eine Sternwarte. Das könnte zum einen auf ein grundsätzliches Interesse an der Astronomie hindeuten oder als alternatives Freizeitprogramm interpretiert werden. Aufgrund der zusätzlichen Informationen aus dem Fragebogen kann der Besuch eines Planetariums oder einer Sternwarte eher auf ein Interesse an unserem Sonnensystem hindeuten. Die offene Frage am Ende des Fragebogens bezüglich der persönlichen Bedeutung der Sonne stellt die Verknüpfung zwischen Sonne und Licht dar. Eine Gemeinsamkeit der beiden Antworten findet sich in dem Wunsch mehr über die Sonne herausfinden zu wollen.

Geschlecht	Physik	Astronomie	Fernsehen	Bücher	Sonnensystem	Wechselw.
W	Stark	Gering	Gering	Stark	Stark	Stark
M	Gering	Sehr stark	Stark	Gering	Sehr stark	Stark
Geschlecht	Aufbau	Aussehen	Funktion	Transport	Sonnenlicht	Phänomene
W	Stark	Stark	Stark	Stark	Gering	Stark
M	Stark	Sehr stark	Gar nicht	Sehr stark	Gering	Stark
Geschlecht	Anzahl Bücher	Wie oft fernsehen	Wie oft Internet	Eltern/Freunde	Planetarium/Sternwarte	Bedeutung Sonne
W	1-3	Nie	Sehr oft	Wenig	Ja	Licht, Menschheit soll mehr herausfinden
M	1-3	1-2-mal/Woche	Oft	Nie	Ja	Sehr viel, will viel wissen

Tabelle 2: Ergebnisse des Fragebogens. Die Unterpunkte von Aufbau bis zu Phänomene beziehen sich nur auf die Sonne.

Am Ende der Pilotierung gab es eine Feedbackrunde mit den beiden Teilnehmern. Diese Ergebnisse sollen in der nachstehenden Tabelle dargestellt werden.

Geschlecht	Gestaltung	Fragestellungen	Antworten	Bilder
W	Gut das Schülerinnen und Schülerausagen verwendet werden	Guter Schwierigkeitsgrad, verständlich, noch nie von Protuberanzen gehört	Gut das die Personen mit den richtigen Antworten abwechseln	Bilder sind gut gewählt, Karikatur ist witzig aber unmöglich
M	Schön aufgebaut, übersichtlich	Teilweise zu schwer, da viele Wörter noch unbekannt waren (zum Beispiel Protuberanzen, Sonnenflecken, ...)	Auch teilweise zu schwer aufgrund von Wörtern	würde die Sonne auch so zeichnen

Tabelle 3: Feedback zu den Concept Cartoons der Pilotierung. W steht für weiblich und M für männlich.

Es kann festgehalten werden, dass die beiden Teilnehmer an der Pilotierung der Untersuchung unterschiedliche Meinungen vertreten haben. Das kann auf den Alters- und damit auch den Wissensunterschied zurückgeführt werden. Es ist davon auszugehen, dass beide Kinder von ihrem Elternhaus dieselben Grundvoraussetzungen mitbekommen haben. Da sich sowohl der Junge als auch das Mädchen noch nicht mit der Thematik der Sonne im physikalischen Kontext des Schulunterrichts auseinandergesetzt haben, kann davon ausgegangen werden, dass ihre Präkonzepte entscheidend für die Auswahl ihrer Antworten auf die Concept Cartoons waren. Die oben angeführten Begründungen deuten, vor allem bei dem 13-jährigen Mädchen, auf

vorhandene Alltagsvorstellungen zu den verschiedenen Aspekten der Sonne hin. Die Begründung „keine Antwort“ und „Bauchgefühl“ können ebenfalls als Indikatoren für einflussreiche Präkonzepte angesehen werden, die von den Teilnehmern nur nicht in Worte gefasst werden konnten. Speziell für den 8-jährigen Jungen stellte die Aufgabe seine Antwort zu begründen eine größere Schwierigkeit dar als für das Mädchen. Zusammenfassend sollen nachstehend die Präkonzepte zur Sonne der beiden Kinder im Zuge der Pilotierung dargestellt werden:

- Die Oberfläche der Sonne besteht aus Lava.
- Die Sonne besteht nicht nur aus Gasen, sondern auch aus festen Materialien wie zum Beispiel Mineralien.
- Die verschiedenen Bestandteile der Sonne vermischen/überlagern sich auf der Sonnenoberfläche und bilden die Sonnenflecken.
- Die Protuberanzen sind „verbrauchte“ Materie der Sonne die ins All abgegeben werden. Die Analogie zum Ofen und den übrig gebliebenen Kohlestücken wird hergestellt.
- Die Sonne hat einen festen Kern, indem die Kernfusion stattfindet.
- Kernfusion ist ein Verbrennungsprozess im Sonneninneren. Die Sonnenmaterie wird dabei „verbrannt“/„verbraucht“. Die Analogie zum Ofen spielt hierbei ebenfalls eine Rolle.
- Das Weltall besteht aus einem wärmetragenden Stoff und wird nicht als Vakuum wahrgenommen.
- Licht, genauer Infrarotstrahlung, als Wärmeträger wird nicht wahrgenommen.

5. Datenerhebung und Auswertung

Die Daten wurden in drei Wiener Gymnasien anhand von vier 3. Klassen erhoben. Zwei der drei Gymnasien befinden sich im 1. Wiener Gemeindebezirk, die dritte Schule im 3. Gemeindebezirk. Es handelt sich bei keiner der teilgenommenen Schulen um eine Privatschule. Die Untersuchungen wurden von mir persönlich in allen vier Klassen durchgeführt. Die Lehrpersonen befanden sich während der Untersuchungen im Klassenzimmer, beteiligten sich jedoch meist nicht am Geschehen in der Klasse. Die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler zum Thema Sonne wurden im Vorhinein von den verantwortlichen Lehrerinnen und Lehrern kurz skizziert und es wurde versichert, dass das Thema im Physikunterricht noch nicht behandelt wurde.

Die Datenerhebung in den teilnehmenden Klassen wurde immer nach dem gleichen Prinzip durchgeführt. Am Beginn stand eine kurze Begrüßung, welche von einer Einführung zu der Untersuchung gefolgt wurde. Dabei ging es vor allem um die Regeln, die bei der Beantwortung der Concept Cartoons und dem Fragebogen zu befolgen waren. Die Regeln können im Kapitel der Pilotierung (S. 54) nachgelesen werden. Den Schülerinnen und Schülern wurden die Unterlagen ausgeteilt und sie hatten für das Ausfüllen der sechs Concept Cartoons und des Fragebogens 30 Minuten Zeit. Die meisten Schülerinnen und Schüler waren nach circa 20 bis maximal 30 Minuten mit allen Forschungsunterlagen fertig. Anschließend wurde eine Besprechung der Antworten plus einer Diskussion zu den einzelnen Concept Cartoons angeregt. Dafür wurde die restliche Zeit der Unterrichtsstunde, meist zwischen 15-20 Minuten, verwendet.

Für die Diskussion wurde stets nach demselben Muster beziehungsweise Fragen begonnen. Die Gespräche mit den Schülerinnen und Schülern entwickelte sich aber nicht zwangsläufig immer gleich, da unterschiedliche Präferenzen in den Klassen vorherrschten. Zu Beginn wurden die „korrekten“ Antworten der einzelnen Concept Cartoons an die Tafel geschrieben und mit den Schülerinnen und Schülern besprochen. Neben den Fragen und Antworten wurden vor allem auch die verwendeten Grafiken der Untersuchungsunterlagen angesprochen und gemeinsam diskutiert. Zum Abschluss standen auch noch die konkreten Wissensquellen der Kinder im Zentrum. Das Ziel dieser Besprechungen diente sowohl der weiteren Erkenntnisgewinnung bezüglich der Präkonzepte als auch den Interessen zu astronomischen Themengebieten und den dazugehörigen Wissenszugang, als auch den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu geben ihnen Unklares anzusprechen. Diese Möglichkeit wurde von den Schülerinnen und Schülern gerne angenommen. Die Transkripte der Besprechungen können im Anhang (ab Seite 124) nachgelesen werden.

Die Auswertung der Fragebogen wurde mit Hilfe von „IBM SPSS Analytics“ durchgeführt. Mit diesem, speziell für Analysezwecke, geschriebenen Programm ist es möglich, vor allem große Datensätze schnell auswerten zu können. Bei der Auswertung der Fragebögen, sowie der Concept Cartoons wurden die Ergebnisse anhand eines Nummernschlüssels codiert. Die Codierung ist in Tabelle 4 für die Antworten des Fragebogens abgebildet und nach Empfehlung von Raithel definiert (vgl. Raithel, 2008, S. 83-95). In Tabelle 5 wird die Codierung der Concept Cartoons dargestellt. Für die Antworten zu den Fragen über die Anzahl der naturwissenschaftlichen Bücher zu Hause, wie oft sie naturwissenschaftliche Fernsehsendungen sehen, wie oft sie das Internet für Recherchezwecke benutzen und wie oft sie mit Freunden und Familie über astronomische Phänomene reden, wurden in dieser Reihenfolge in Tabelle 4 angeführt. Die Antworten auf die Frage, ob sie schon einmal im Planetarium waren oder nicht, wurden mit 1 für „Ja“ und 2 für „Nein“ codiert. Das Geschlecht wurde mit den Zahlen 1 für „männlich“ und 2 für „weiblich“ definiert.

Antworten des Fragebogens	Zahlenwert in SPSS
fehlend	0
Sehr stark/mehr als 7/jeden Tag/ Sehr oft/Sehr oft	1
Stark/zwischen 3-4/5-6-mal pro Woche/Oft/Oft	2
Gering/zwischen 1-2/3-4-mal pro Woche/Wenig/Wenig	3
Gar nicht/keine/1-2-mal pro Woche/Nie/Nie	4
Nie	5

Tabelle 4: Codierung der Antworten des Fragebogens für die Auswertung im Statistikprogramm SPSS.

Antworten der Concept Cartoons	Zahlenwert in SPSS
fehlend	0
Markus	1
Sarah	2
Violeta	3
Tom	4

Tabelle 5: Codierung der Antworten der Concept Cartoons für die Auswertung im Statistikprogramm SPSS.

5.1 Auswertung der Concept Cartoons

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Auswertung der sechs Concept Cartoons dargestellt. Die Auswertung und die daraus resultierenden Tabellen und Abbildungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS erstellt.

Die erste Frage der Concept Cartoons bezog sich auf den Charakter der Sonne und ob diese ein Planet, ein Stern oder eine Sonne per se sei. Die Häufigkeiten der Antworten werden nach den einzelnen Klassen aufgeschlüsselt und in Abbildung 11 in einem Säulendiagramm dargestellt. In Abbildung 12 werden die Antworten nach dem Geschlecht aufgeteilt und visualisiert.

Mit Abstand am häufigsten wurde in allen teilnehmenden Klassen die Antwort von Tom gewählt. Die zur Auswahl stehenden Schülerinnen und Schüleraussagen waren:

- **Markus:** Die Sonne kann kein Stern sein, weil sie der Erde viel zu nahe ist.
- **Sarah:** Die Sonne ist ein großer, glühender Planet der uns mit Licht und Wärme versorgt.
- **Violeta:** Die Sonne ist eine Sonne und kein Stern oder Planet. Sterne, Planeten und Sonnen sind unterschiedliche Objekte.
- **Tom:** Die Sonne ist ein durchschnittlich großer Stern im Zentrum unseres Sonnensystems.

Die Antwort von Markus wurde von keinem/r einzigen Schüler/in gewählt. Die Antwort von Sarah wurde in allen vier Klassen ungefähr gleichmäßig, zwischen zwei bis vier Mal gewählt. Violetas Antwort konnte vor allem in der Klasse A ein paar Schülerinnen und Schüler mehr überzeugen als in den restlichen drei Klassen. Ein Unterschied bei den teilgenommenen Klassen kann vor allem in der Klasse A festgestellt werden. Dort haben signifikant mehr Schülerinnen und Schüler die Antwort von Violeta gewählt als in den anderen Klassen.

Wie in der Tabelle 6 dargestellt, haben doppelt so viele Mädchen ($n = 4 \triangleq 4,2\%$) in der Klasse A der Antwort von Violeta zugestimmt als ihre männlichen Kollegen ($n = 2 \triangleq 2,1\%$). Wie in der Abbildung 12 ersichtlich wird, haben die Jungen ($n = 7 \triangleq 7,3\%$) fast doppelt so oft die Antwort von Sarah gewählt als ihre Kolleginnen ($n = 4 \triangleq 4,2\%$). Für die Antwort von Violeta konnten sich gleich viele Jungen wie Mädchen begeistern ($n = 5 \triangleq 5,3\%$). Der Geschlechterunterschied bei der Antwort von Tom ist mit ($n = 42 \triangleq 44\%$) für die Mädchen und ($n = 33 \triangleq 34\%$) für die Jungen beziffert.

			Planet oder Stern	
			Sarah	Violeta
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	2	1
		Männlich	2	1
	Klasse C	Weiblich	1	0
		Männlich	1	1
	Klasse B	Weiblich	1	0
		Männlich	2	1
	Klasse A	Weiblich	0	4
		Männlich	2	2

Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum ersten Concept Cartoon „Ist die Sonne ein Planet oder ein Stern?“. Die Anzahl der Antworten wurden nach der jeweiligen Klasse und dem Geschlecht aufgeschlüsselt. Der erste Teil stellt die Häufigkeiten für die Antworten von Sarah und Violeta dar. Die fehlenden und ungültigen Antworten, sowie jene von Markus wurden hier ausgelassen, da diese, wie in Abbildung 11 ersichtlich, Null ist.

			Tom
			Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	14
		Männlich	5
	Klasse C	Weiblich	12
		Männlich	7
	Klasse B	Weiblich	11
		Männlich	10
	Klasse A	Weiblich	5
		Männlich	11

Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum ersten Concept Cartoon.

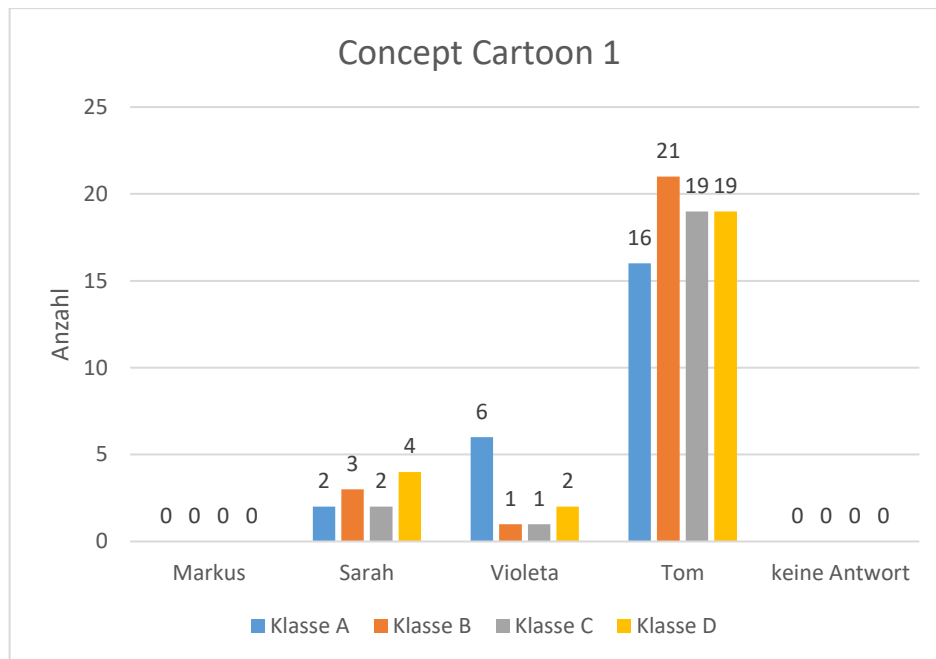


Abbildung 11: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum ersten Concept Cartoon.

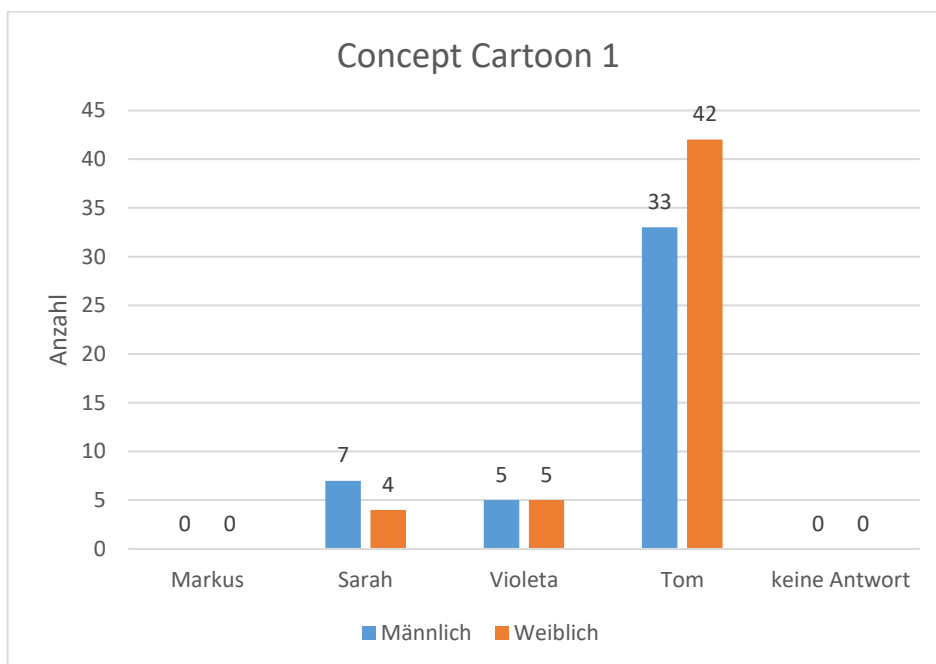


Abbildung 12: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur ersten Frage der Concept Cartoons.

Die zweite Frage der Concept Cartoons bezog sich auf die Oberfläche der Sonne. Dabei sollten die Schülerinnen und Schüler die Frage beantworten, aus welchem Material die Oberfläche beziehungsweise die ganze Sonne aufgebaut ist. Die Häufigkeiten der Antworten werden nach den einzelnen Klassen aufgeschlüsselt und in Abbildung 13 in einem Säulendiagramm dargestellt. In Abbildung 14 werden die Antworten nach dem Geschlecht aufgeteilt und visualisiert.

Die zur Auswahl stehenden Schülerinnen und Schüleraussagen waren:

- **Markus:** Die Sonne besteht aus Gestein und die Oberfläche ist so heiß, dass sie schmilzt und aus Lava besteht.
- **Sarah:** Die Sonne ist ein Gasball und ihre Oberfläche ist extrem heiß. Sie besteht aus Gasen wie zum Beispiel Wasserstoff.
- **Violeta:** Die Oberfläche der Sonne brennt wie ein Feuer. Das brennbare Material kommt aus dem gasförmigen Sonneninneren an die Oberfläche.
- **Tom:** Die Sonne hat einen festen Kern, ihre Oberfläche besteht aber aus brennbaren Gasen, die aus dem Inneren (Kern) kommen und sich entzünden.

Wie in Abbildung 13 deutlich wird, ist die Häufigkeitsverteilung schon deutlich differenzierter ausgefallen. Alle Klassen, bis auf jene der Klasse D, hat die Antwort von Sarah mit deutlicher Mehrheit bevorzugt. Die Mehrheit der Klasse D hingegen ist der Meinung, dass die Antwort von Tom richtig ist. Auffällig ist außerdem, dass niemand aus der Klasse B die Antwort von Violeta gewählt hat, obwohl es, wie schon in der Studie von Bryce on Blown (2012) erwähnt wurde, eine typische Vorstellung zur Sonne ist.

In der Tabelle 8, Tabelle 9 und Tabelle 10 sind die Häufigkeiten nach Klasse und Geschlecht aufgeteilt. Bei der Antwort von Markus kann ein deutlicher Unterschied im Antwortverhalten zwischen Mädchen und Jungen festgestellt werden. Die Mädchen ($n = 10 \triangleq 11\%$) haben fünfmal öfter diese Antwort gewählt als die Jungen ($n = 2 \triangleq 2,1\%$). Für Sarahs Antwort stimmten 20 Mädchen ($n = 20 \triangleq 21\%$) und 24 Jungen ($n = 24 \triangleq 25\%$). Violeta stimmten 9 Mädchen ($n = 9 \triangleq 9,4\%$) und 5 Jungen ($n = 5 \triangleq 5,2\%$) zu. Diese Antwort wurde somit von den Mädchen fast doppelt so oft gewählt als von den Jungen. Bei Tom steht es 12 ($n = 12 \triangleq 13\%$) zu 14 ($n = 14 \triangleq 15\%$) für die Jungen.

			Oberfläche	
			fehlend	Markus
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	0	3
		Männlich	0	1
	Klasse C	Weiblich	0	3
		Männlich	0	0
	Klasse B	Weiblich	0	2
		Männlich	0	1
	Klasse A	Weiblich	0	2
		Männlich	0	0

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum zweiten Concept Cartoon „Wie sieht die Oberfläche der Sonne aus?“.

			Oberfläche	
			Sarah	Violeta
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	4	4
		Männlich	0	2
	Klasse C	Weiblich	3	4
		Männlich	7	1
	Klasse B	Weiblich	8	0
		Männlich	7	0
	Klasse A	Weiblich	5	1
		Männlich	10	2

Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum zweiten Concept Cartoon.

			Oberfläche
			Tom
			Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	6
		Männlich	5
	Klasse C	Weiblich	3
		Männlich	1
	Klasse B	Weiblich	2
		Männlich	5
	Klasse A	Weiblich	1
		Männlich	3

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum zweiten Concept Cartoon.

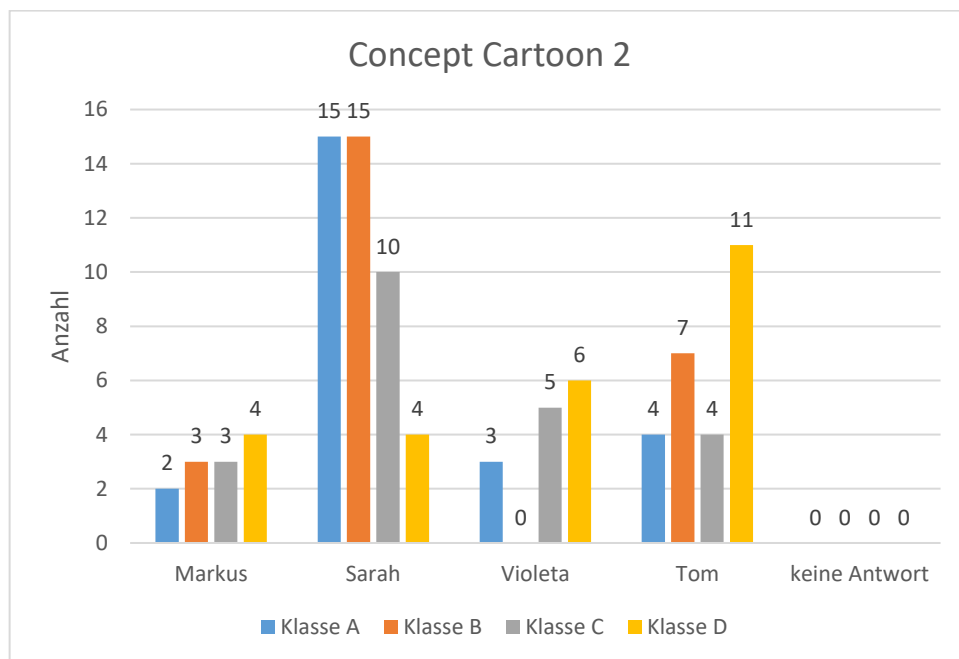


Abbildung 13: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum zweiten Concept Cartoon.

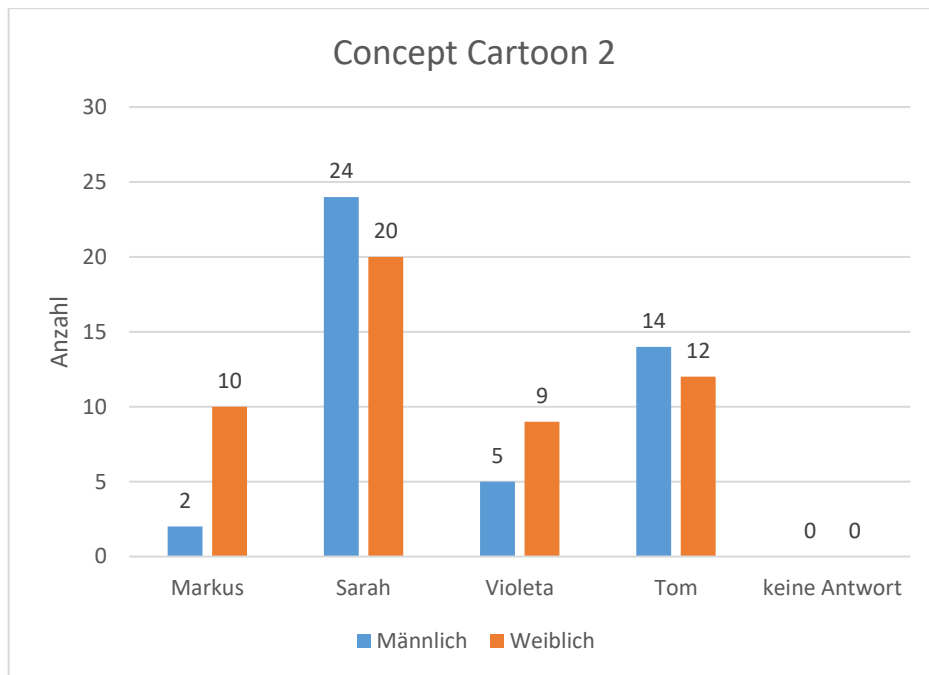


Abbildung 14: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur zweiten Frage der Concept Cartoons.

Die dritte Frage der Concept Cartoons beschäftigte sich mit den sogenannten Sonnenflecken auf der Oberfläche der Sonne. Dabei sollten die Schülerinnen und Schüler den Grund für die Sonnenflecken aus den vier Antwortmöglichkeiten auswählen. Die Häufigkeiten der Antworten werden wie in den vorangegangenen Auswertungen nach den einzelnen Klassen aufgeschlüsselt und in Abbildung 15 in einem Säulendiagramm dargestellt. In Abbildung 16 werden die Antworten nochmals nach dem Geschlecht aufgeteilt und visualisiert.

Die zur Auswahl stehenden Schüleraussagen waren:

- **Markus:** Das sind nur Schatten von anderen Himmelskörpern oder von Wolken in unserer Atmosphäre auf der Sonnenoberfläche.
- **Sarah:** Diese Flecken sind Verunreinigungen, also andere Gase, auf der Oberfläche der Sonne.
- **Violeta:** Die Oberfläche der Sonne ist sehr heiß und diese Flecken sind Bereiche wo es ein wenig kühler ist.
- **Tom:** Bei diesen Flecken handelt es sich um Inseln, genau wie bei uns. Also Gestein das auf der Oberfläche der Sonne schwimmt.

Wie schon beim zweiten Concept Cartoon wird auch hier in Abbildung 15 deutlich, dass die Häufigkeitsverteilung nicht eindeutig ausfällt. Ähnlich wie beim vorherigen Beispiel wählten drei von vier Klassen, wenn auch nur mit einem geringen Vorsprung, die Antwort von Violeta. Die Mehrheit der Untersuchungsklasse D konnte sich mit der Antwort von Sarah identifizieren. Die Klasse C, sowie die Klasse A wählten jeweils eine Antwortmöglichkeit nicht aus. Die Klasse A konnte mit der Antwort von Tom nichts anfangen, jene der Klasse C nichts mit der von Markus.

In der Tabelle 11, Tabelle 12 und Tabelle 13 sind die Häufigkeiten jeweils nach Klasse und Geschlecht aufgeteilt. Eine ungültige oder fehlende Antwort wurde abgegeben, die hier vollständigshalber nur kurz erwähnt werden sollte. Auch hier kann bei der Antwort von Markus ein deutlicher Unterschied zwischen Mädchen und Jungen festgestellt werden. Die Jungen ($n = 5 \triangleq 5\%$) haben diesmal fünfmal öfter Markus gewählt als die Mädchen ($n = 1 \triangleq 1\%$). Für Sarah stimmten 18 Mädchen ($n = 18 \triangleq 19\%$) und 19 Jungen ($n = 19 \triangleq 20\%$). Violetas Antwort konnte 22 Mädchen ($n = 22 \triangleq 23\%$) und 18 Jungen ($n = 18 \triangleq 19\%$) überzeugen. Bei Tom kann ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es haben 9 Mädchen ($n = 9 \triangleq 10\%$) und 3 Jungen ($n = 3 \triangleq 4\%$) diese Antwort gewählt. Das bedeutet, es haben dreimal so viele Mädchen wie Jungen zu dieser vorgegebenen Antwort tendiert.

			Sonnenflecken	
			fehlend Count	Markus Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	0	1
		Männlich	0	1
	Klasse C	Weiblich	0	0
		Männlich	0	0
	Klasse B	Weiblich	1	0
		Männlich	0	3
	Klasse A 3	Weiblich	0	0
		Männlich	0	1

Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum dritten Concept Cartoon „Was sind die dunklen Flecken („Sonnenflecken“) auf der Sonnenoberfläche?“.

			Sonnenflecken	
			Sarah	Violeta
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	8	5
		Männlich	5	1
	Klasse C	Weiblich	3	5
		Männlich	4	4
	Klasse B	Weiblich	1	9
		Männlich	5	4
	Klasse A	Weiblich	6	3
		Männlich	5	9

Tabelle 12: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum dritten Concept Cartoon.

			Sonnenflecken	
			Tom	
			Count	
Klassen	Klasse D	Weiblich	3	
		Männlich	1	
	Klasse C	Weiblich	5	
		Männlich	1	
	Klasse B	Weiblich	1	
		Männlich	1	
	Klasse A	Weiblich	0	
		Männlich	0	

Tabelle 13: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum dritten Concept Cartoon.

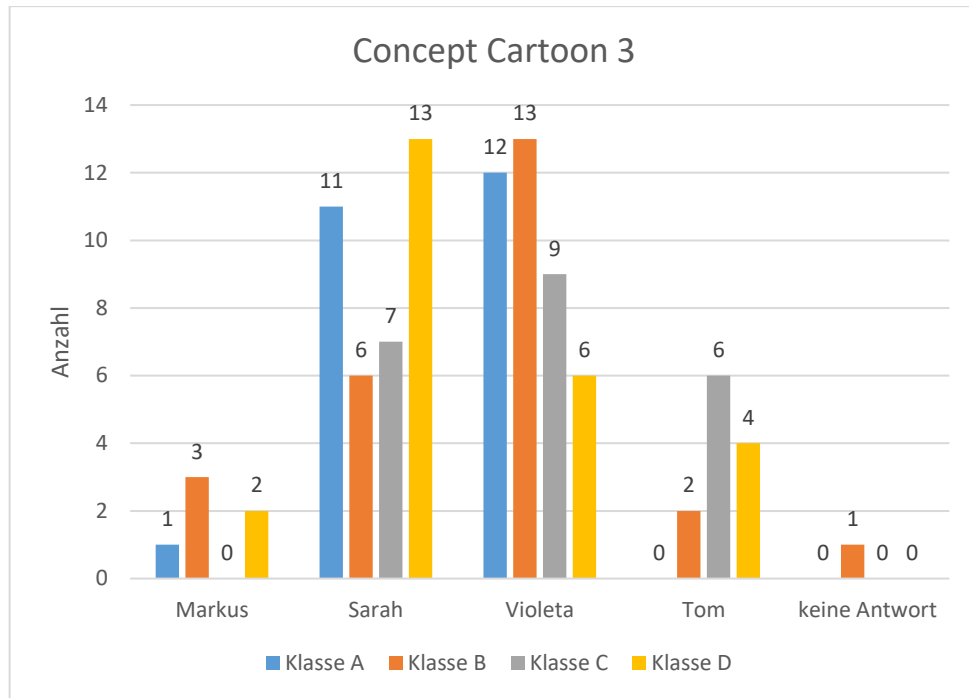


Abbildung 15: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum dritten Concept Cartoon.

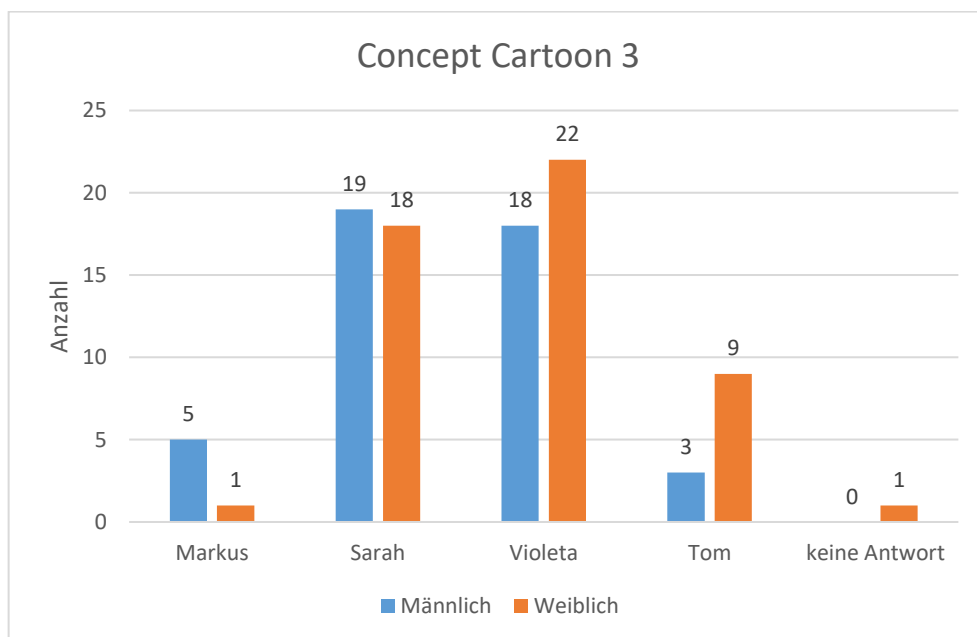


Abbildung 16: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur dritten Frage der Concept Cartoons.

Die vierte Frage der Concept Cartoons beschäftigte sich mit den sogenannten Sonnenflecken auf der Oberfläche der Sonne. Dabei sollten die Schülerinnen und Schüler den Grund für die Sonnenflecken aus vier möglichen Antworten auswählen. Die Häufigkeiten der Antworten werden wie in den vorangegangenen Auswertungen nach den einzelnen Klassen aufgeschlüsselt und in Abbildung 17 in einem Säulendiagramm dargestellt. In Abbildung 18 werden die Antworten nochmals nach dem Geschlecht aufgeteilt und visualisiert.

Die zur Auswahl stehenden Schüleraussagen waren:

- **Markus:** Die Sonne funktioniert wie ein Ofen. Sie verbrennt Material im Inneren und strahlt die Wärme nach außen hin ab. Wenn das Material verbraucht ist, gibt es kein Licht und keine Wärme mehr.
- **Sarah:** Im Inneren der Sonne werden durch Kernfusion neue Atome gebildet. Dieser Prozess erzeugt sehr viel Energie, die in Form von Licht und Wärme zu uns auf die Erde kommt.
- **Violeta:** Weil die Oberfläche der Sonne brennt, ist sie für die Wärme- und Lichtaussendung verantwortlich. Wie bei einem Lagerfeuer wird dadurch Licht und Wärme abgestrahlt.
- **Tom:** Der feste und glühende Kern der Sonne gibt aufgrund seiner hohen Temperatur nach außen hin Wärmeenergie ab. Das ist auch der Grund, warum sie leuchtet und Licht aussendet.

Das Antwortverhalten zum vierten Concept Cartoon in Abbildung 17 zeigt, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler in den teilgenommenen Untersuchungsklassen die Antwort von Sarah bevorzugt. Jede Antwort wurde mindestens einmal in jeder Klasse gewählt. In der Klasse A sind die Antworten fast gleich verteilt. Die genaue Aufschlüsselung der Häufigkeiten nach den Klassen und dem Geschlecht kann in der Tabelle 14, Tabelle 15 und Tabelle 16 abgelesen werden. Wie schon bei dem vorangegangenen Concept Cartoon wurde auch hier eine ungültige oder fehlende Antwort abgegeben, die aber keiner weiteren Erklärung bedarf und nur zur Vollständigkeit angeführt wird.

Bei der Antwort von Markus konnte ein kleiner Unterschied zwischen Mädchen und Jungen festgestellt werden. Die Jungen ($n = 8 \triangleq 8,4 \%$) haben ein wenig öfter Markus Antwort gewählt als die Mädchen ($n = 6 \triangleq 6,3 \%$). Sarah stimmten 22 Mädchen ($n = 22 \triangleq 23 \%$) und 19 Jungen ($n = 19 \triangleq 20 \%$) zu. In der Antwort von Violeta konnten sich 8 Mädchen ($n = 8 \triangleq 8,4 \%$) und 12 Jungen ($n = 12 \triangleq 13 \%$) wiederfinden. Für Tom kann ein signifikanter Unterschied zwischen dem Geschlecht festgestellt werden. So haben 14 Mädchen ($n = 14 \triangleq 15 \%$) und 6 Jungen ($n = 6 \triangleq 6,3 \%$) diese Antwort gewählt, somit haben mehr als doppelt so viele Mädchen als Jungen diese Antwort bevorzugt.

			Wärmeproduktion	
			fehlend	Markus
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	0	1
		Männlich	0	1
	Klasse C	Weiblich	0	3
		Männlich	0	2
	Klasse B	Weiblich	1	0
		Männlich	0	1
	Klasse A	Weiblich	0	2
		Männlich	0	4

Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum vierten Concept Cartoon „Warum strahlt die Sonne Licht und Wärme ab?“.

			Wärmeproduktion	
			Sarah	Violeta
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	8	2
		Männlich	4	2
	Klasse C	Weiblich	5	2
		Männlich	6	1
	Klasse B	Weiblich	8	1
		Männlich	3	7
	Klasse A	Weiblich	1	3
		Männlich	6	2

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum vierten Concept Cartoon.

			Wärmeproduktion
			Tom
			Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	6
		Männlich	1
	Klasse C	Weiblich	3
		Männlich	0
	Klasse B	Weiblich	2
		Männlich	2
	Klasse A	Weiblich	3
		Männlich	3

Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum vierten Concept Cartoon.

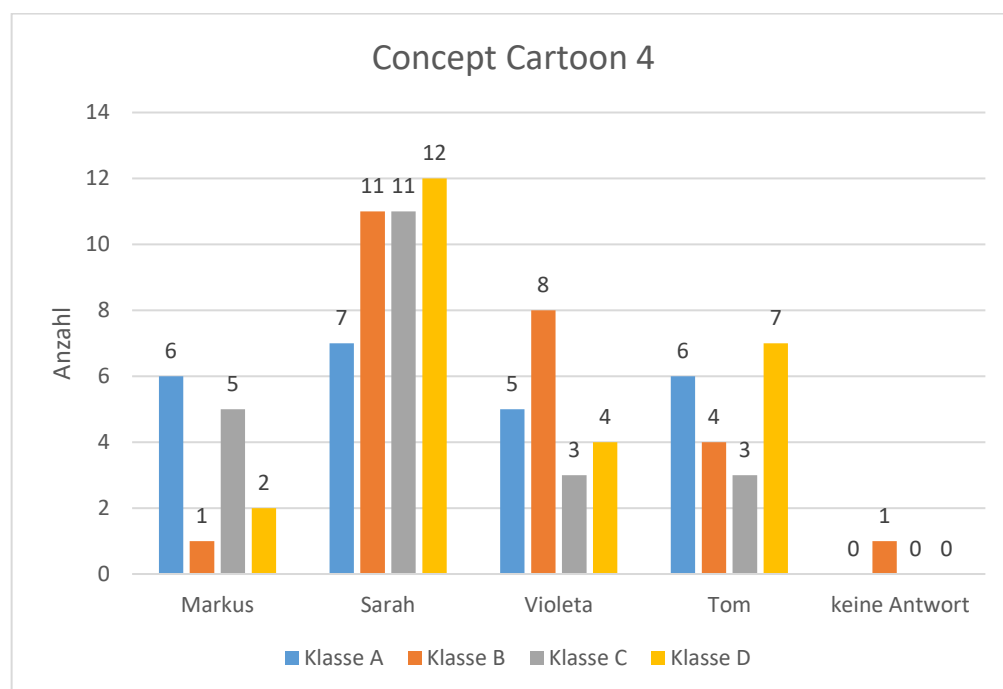


Abbildung 17: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum vierten Concept Cartoon.

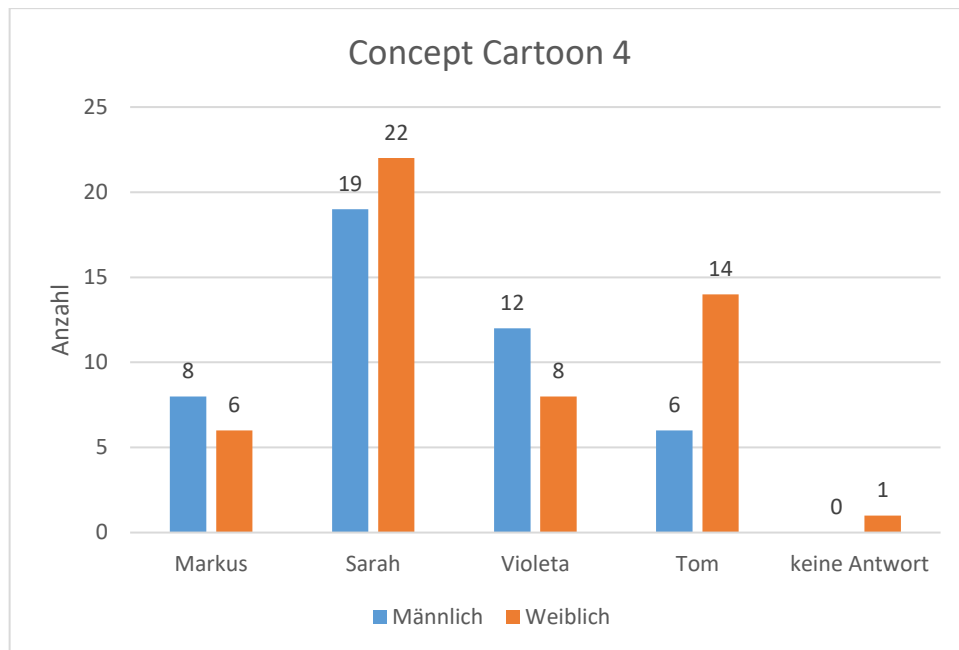


Abbildung 18: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur vierten Frage der Concept Cartoons.

Die fünfte Frage der Concept Cartoons beschäftigte sich mit dem Wärmetransport zwischen Sonne und Erde. Auch hier sollten die Schülerinnen und Schüler einer aus vier möglichen Antworten zustimmen, um den Wärme- und Energietransport zu erklären. Die Häufigkeiten der Antworten werden wie in den vorangegangenen Auswertungen nach den einzelnen Klassen aufgeschlüsselt und in Abbildung 19 in einem Säulendiagramm dargestellt. In Abbildung 20 werden die Antworten nochmals nach dem Geschlecht aufgeteilt und visualisiert.

Die zur Auswahl stehenden Schüleraussagen waren:

- **Markus:** Die Wärmeenergie kommt von der Sonne als Teil des Sonnenlichts zu uns auf die Erde. Sie ist für unser Auge unsichtbar und wird Infrarotstrahlung genannt.
- **Sarah:** Der Wärmostoff braucht einen Träger, um von der Sonne zu uns auf die Erde zu kommen. Die Sonne erwärmt das Weltall um sich herum, das sich dann bis zur Erde ausbreitet.
- **Violeta:** Licht und Wärme sind dasselbe. Das bedeutet, wenn es bewölkt oder Nacht ist, kann kein Licht und somit auch keine Wärme von der Sonne zu uns auf die Erde kommt.
- **Tom:** Die Sonne funktioniert wie eine Glühbirne. Sie ist so heiß, dass es nur in ihrer nahen Umgebung warm ist. Die Reichweite ist beschränkt.

Wie in Abbildung 19 klar ersichtlich ist, stimmten alle Klassen mit großer Mehrheit für die Antwort von Markus. In der Klasse B konnte im Vergleich zu den anderen Klassen auch die Antwort von Tom überzeugen. In der Tabelle 17, Tabelle 18 und Tabelle 19 sind wiederum die Häufigkeiten der vier Antworten nach den jeweiligen Klassen und dem Geschlecht aufgeteilt. Bei diesem Concept Cartoon wurde keine ungültige oder fehlende Antwort abgegeben.

Für die Antwort von Markus zeigt sich ein kleiner Überschuss bei den Jungen. So haben die Jungen ($n = 34 \pm 36\%$) und die Mädchen ($n = 28 \pm 30\%$) die Antwort von Markus gewählt. Für Sarahs Antwort zeigte sich ein ausgeglichenes Antwortverhalten zwischen Jungen ($n = 3 \pm 4\%$) und Mädchen ($n = 3 \pm 4\%$). Bei Violetas Antwort hingegen wählten die Mädchen ($n = 6 \pm 6,3\%$) und Jungen ($n = 1 \pm 1\%$) sehr unterschiedlich. Auch bei Tom kann festgestellt werden, dass bei den Mädchen ($n = 14 \pm 15\%$) mehr als doppelt so viele diese Antwort gewählt haben als bei den Jungen ($n = 6 \pm 6,3\%$).

			Wärmetransport	
			fehlend Count	Markus Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	0	13
		Männlich	0	4
	Klasse C	Weiblich	0	5
		Männlich	0	7
	Klasse B	Weiblich	0	5
		Männlich	0	9
	Klasse A	Weiblich	0	5
		Männlich	0	14

Tabelle 17: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum fünften Concept Cartoon „Wie kommt die Energie und Wärme von der Sonne zu uns auf die Erde?“.

			Wärmetransport	
			Sarah Count	Violeta Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	1	2
		Männlich	1	0
	Klasse C	Weiblich	1	3
		Männlich	1	0
	Klasse B	Weiblich	0	0
		Männlich	1	1
	Klasse A	Weiblich	1	1
		Männlich	0	0

Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum fünften Concept Cartoon.

			Wärmetransport
			Tom
			Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	1
		Männlich	3
	Klasse C	Weiblich	4
		Männlich	1
	Klasse B	Weiblich	7
		Männlich	2
	Klasse A	Weiblich	2
		Männlich	1

Tabelle 19: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum fünften Concept Cartoon.

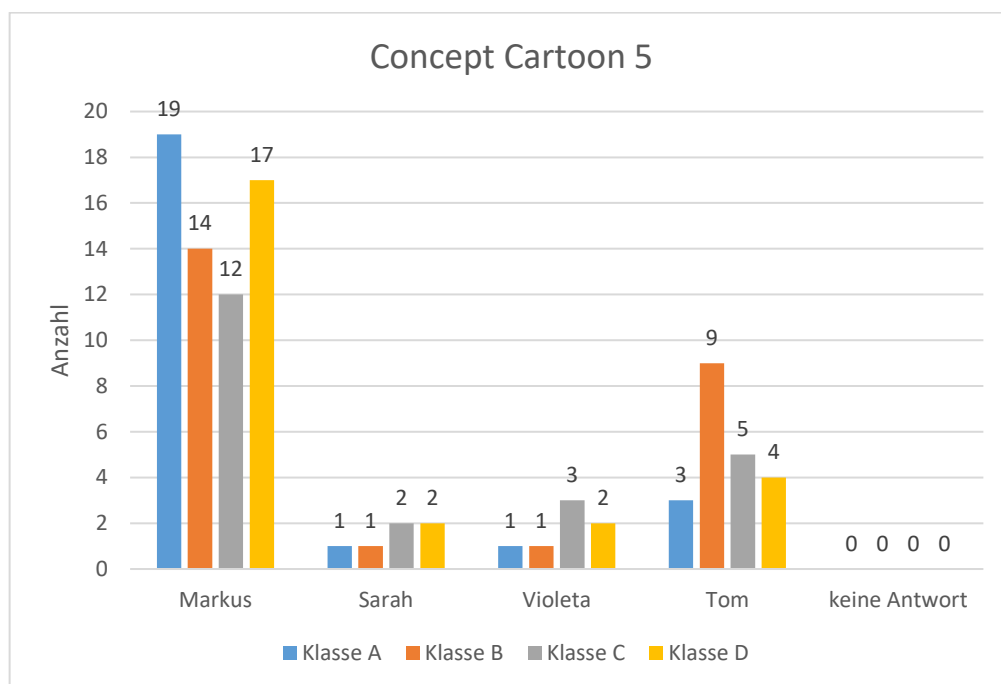


Abbildung 19: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum fünften Concept Cartoon.

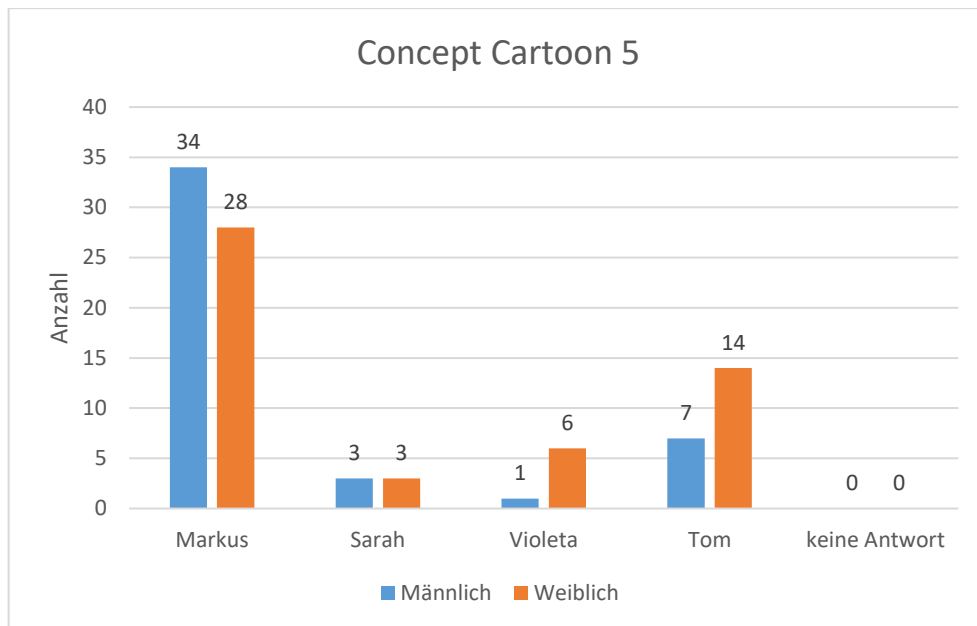


Abbildung 20: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur fünften Frage der Concept Cartoons.

Die sechste Frage der Concept Cartoons beschäftigte sich mit einem sehr spezifischen Phänomen der Sonne, den sogenannten Protuberanzen. Die Schülerinnen und Schüler sollten den Grund für die Protuberanzen aus einer der vier möglichen Antworten auswählen. Die Häufigkeiten der Antworten werden wie in den vorangegangenen Auswertungen nach den einzelnen Klassen und Schulen aufgeschlüsselt und in Abbildung 21 in einem Säulendiagramm dargestellt. In Abbildung 22 werden die Antworten nochmals nach dem Geschlecht aufgeteilt und visualisiert.

Die zur Auswahl stehenden Schüleraussagen waren:

- **Markus:** Das sind sogenannte Protuberanzen. Das sind starke Materieausstöße, die durch das Magnetfeld der Sonne entstehen und den magnetischen Feldlinien folgen.
- **Sarah:** Bei diesen Bögen handelt es sich um eine Art Entsorgungsmöglichkeit der Sonne. Dabei wird überschüssiges Material in den Weltraum abgestoßen.
- **Violeta:** Es handelt sich dabei nicht um überschüssiges Material, sondern um verbrauchte Materie. So wie man bei einem Ofen die übriggebliebenen Kohlestücke oder Asche wegwirft.
- **Tom:** Durch elektrostatische Abstoßung von gleichgeladenen Teilchen entsteht eine solche bogenförmige Auswurf.

Auch hier ist eine deutliche Präferenz der Schülerinnen und Schüler für die Antwort von Markus zu beobachten. Für die Antwort von Sarah sticht vor allem die Klasse D heraus, die diese Antwort öfter gewählt hat als die anderen Klassen. Violeta haben die Klasse A und die Klasse B öfter ausgewählt. Für Tom herrscht eine relativ ausgeglichene Verteilung.

Die Tabelle 20, Tabelle 21 und Tabelle 22 stellen die Häufigkeiten der Antworten nach Klasse und Geschlecht dar. Mindestens eine ungültige oder fehlende Antwort wurde in allen teilgenommenen Klassen registriert, außer in der 3B der Stubenbastei. Wie schon beim vorangegangenen Concept Cartoon wird auch hier die Antwort von Markus bevorzugt. Es kann kein großer Unterschied zwischen Jungen ($n = 24 \pm 25 \%$) und Mädchen ($n = 25 \pm 26 \%$) festgestellt werden. Sarahs Antwort favorisierten dreimal so viele Mädchen ($n = 9 \pm 10 \%$) als Jungen ($n = 3 \pm 3,2 \%$). Auch Violetas Antwort konnte bei den Mädchen ($n = 9 \pm 10 \%$) mehr überzeugen als bei den Jungen ($n = 6 \pm 6,3 \%$). Bei Tom hingegen wählten doppelt so viele Jungen ($n = 10 \pm 11 \%$) diese Antwort aus als ihre weiblichen Kolleginnen ($n = 5 \pm 5,3 \%$).

			Protuberanzen	
			fehlend	Markus
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	1	9
		Männlich	0	4
	Klasse C	Weiblich	0	7
		Männlich	0	6
	Klasse B	Weiblich	2	4
		Männlich	1	6
	Klasse A	Weiblich	0	5
		Männlich	1	8

Tabelle 20: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum sechsten Concept Cartoon „Was sind das für bogenartige Auswürfe der Sonne?“.

			Protuberanzen	
			Sarah	Violeta
			Count	Count
Klassen	Klasse D	Weiblich	5	2
		Männlich	1	0
	Klasse C	Weiblich	2	1
		Männlich	0	1
	Klasse B	Weiblich	2	3
		Männlich	1	2
	Klasse A	Weiblich	0	3
		Männlich	1	3

Tabelle 21: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum sechsten Concept Cartoon.

			Protuberanzen	
			Tom	
			Count	
Klassen	Klasse D	Weiblich	0	
		Männlich	3	
	Klasse C	Weiblich	3	
		Männlich	2	
	Klasse B	Weiblich	1	
		Männlich	3	
	Klasse A	Weiblich	1	
		Männlich	2	

Tabelle 22: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum sechsten Concept Cartoon.

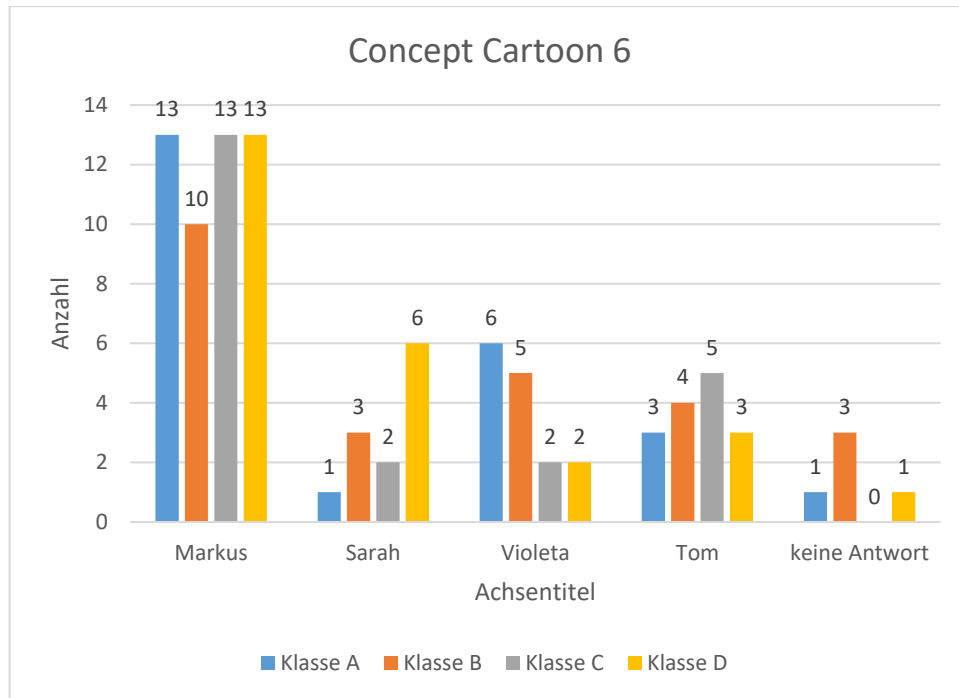


Abbildung 21: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum sechsten Concept Cartoon.

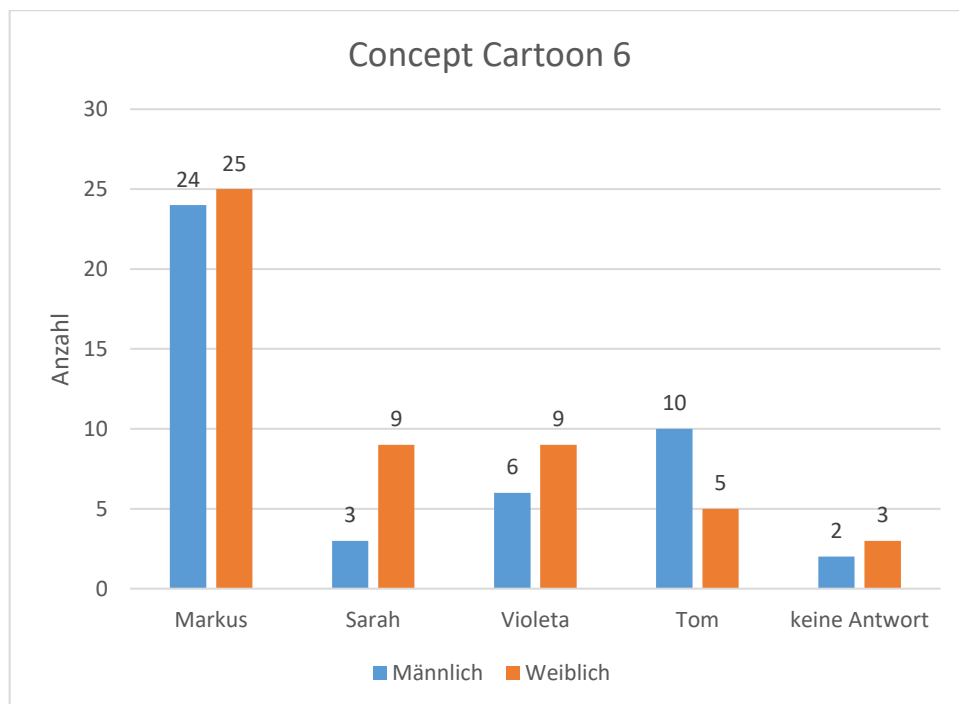


Abbildung 22: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur sechsten Frage der Concept Cartoons.

5.2 Begründungen der Schülerinnen und Schüler

Nachdem die Antworten der Schülerinnen und Schüler quantitativ betrachtet wurden, sollen nun die Begründungen zu jedem Concept Cartoon angesehen werden. Dazu wird, wie schon erwähnt, die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring angewendet. Alle Antworten der Schülerinnen und Schüler zu der offenen Frage „*Warum sie sich ausgerechnet für diese Antwort entschieden haben?*“ wurden paraphrasiert, generalisiert und dann reduziert. Die Ergebnisse sollen hier präsentiert werden. Die genaue Matrix ist im Anhang ab Seite 132 beigelegt.

Für den ersten Concept Cartoon „*Ist die Sonne ein Planet oder ein Stern?*“ konnten folgende Erkenntnisse aus den Aussagen gewonnen werden:

Die Sonne wird von den Schülerinnen und Schüler als Stern erkannt, weil:

- Sie selbstleuchtend ist
- Sie uns mit Licht und Wärme versorgt
- Die Antwort schon einmal gehört/gelesen wurde
- Die Antwort schon einmal gelernt wurde
- Sie aus Gas besteht
- Sie glüht oder brennt
- Es logisch klingt
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Es im Vorwissen verankert ist
- Sie kein Planet sein kann
- Sie nicht fest ist
- Planeten um sie kreisen
- Im Zentrum unseres Sonnensystems ist
- Sie ein Fixstern ist
- Geraten wurde
- Alltagserfahrungen
- Ein Planet nicht im Zentrum unseres Sonnensystems sein kann

Die Sonne wird als kein Stern erkannt, weil:

- Sterne aus festen Stoffen bestehen und die Sonne aus Plasma
- Sie ein (großer) Planet ist
- Es im Vorwissen verankert ist
- Sie eine Sonne ist
- Sie der Erde viel zu nah ist
- Sonnen, Planeten und Sterne drei unterschiedliche Kategorien sind

Die Sonne wird als kein Planet erkannt, weil:

- Planeten nicht selbstleuchtend sind und nicht wärmen
- Planeten um Sonnen kreisen
- Planeten fest sind und Sonnen nicht
- Planeten nicht glühen/brennen

Bei den Begründungen für den zweiten Concept Cartoon konnten folgende Ergebnisse festgehalten werden:

Die Sonne ist ein Gasball, weil:

- Es schon gelernt wurde
- Es schon gehört/gelesen/gesehen wurde
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Es geraten wurde
- Es logisch klingt
- Gase leichter zu fusionieren sind
- Sie nicht fest sein kann, da sie sonst schmelzen würde
- Sie glüht/brennt
- Sie ein Stern ist und Sterne keinen Kern haben
- Sie aus vielen Gasen besteht
- Die Gase an der Oberfläche sich entzünden und brennen
- Sie ein Stern ist und Sterne aus Gas bestehen
- Sie sehr heiß ist, aber nicht brennt
- Wasserstoff vorkommt
- Man es sich so vorstellt
- Große Objekte selten aus Materie bestehen
- Sie keinen festen Kern hat
- Oberfläche aus extrem heißen Gasen besteht
- Aus feuerartigen Gasen besteht

Die Sonne ist fest, weil:

- Sie aus Lava besteht
- Geraten wurde

Die Sonne hat einen festen Kern, weil

- Es logisch klingt
- Nur die Oberfläche aus brennenden Gasen besteht
- Jeder Stern einen festen Kern braucht
- Sie fix (= Fixstern) ist
- Unterschiedliche Gase aus dem festen Inneren an die Oberfläche kommen
- Brennbares (= feuerartig/Feuer) Gase aus dem festen Sonneninneren an die Oberfläche strömen und sich dort entzünden
- Es geraten wurde
- Die Oberfläche wie Gestein aussieht
- Man es sich so vorstellt
- Sie aus unterschiedlichen Schichten besteht
- Sie nur zum Teil aus Gasen besteht (Oberfläche)

Die Sonne brennt, weil:

- Sie aus Gasen besteht
- Wasserstoff vorkommt (=brennbar)
- Man sie sich wie ein Feuer vorstellt
- Geraten wurde
- Sie sehr heiß ist

Die Begründungen für die Antworten für den dritte Concept Cartoon lauten folgendermaßen:

Die Sonnenflecken sind Orte auf der Sonnenoberfläche mit unterschiedlichen Temperaturen, weil:

- Es nicht überall gleich warm/heiß ist
- Dunklere Flecken kühler sind
- Weiße Stellen heiß und dunkle Stellen kalt sind
- Es logisch klingt
- Schon gehört wurde
- Unterschiedliche Temperaturen unterschiedliche Farben aufweisen
- Es Bereiche gibt, die kühler sind
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Geraten wurde
- Gesteinsinseln verbrennen/schmelzen würden
- Kühlere Stellen dunkler dargestellt werden
- Wo es kühler ist, Asche liegt
- Die Sonne langsam abkühlt
- Gase nicht immer die gleichen Temperaturen haben
- Die vorherige Frage sich ebenfalls um Gase gedreht hat

Die Sonnenflecken sind Verunreinigungen auf der Sonnenoberfläche, weil:

- Es logisch klingt
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Es schon gehört wurde
- Es überall gleich warm ist
- Es keine Temperaturunterschiede auf der Oberfläche der Sonne gibt
- Nicht saubere Gase andere Farben haben
- Die Sonne aus unterschiedlichen Gasen besteht
- Geraten wurde
- Gesteinsinseln bei der Hitze schmelzen würden

Die Sonnenflecken sind Schatten von anderen Himmelsobjekten auf der Sonnenoberfläche, weil:

- Geraten wurde
- Es nur Schatten sein können

Die Sonnenflecken sind Gesteinsinseln auf der Sonnenoberfläche, weil:

- Es logisch klingt, dass es auch auf der Sonne Inseln gibt
- Kühle Stellen sich verfärben oder verfestigen
- Geraten wurde
- Die Sonne aus geschmolzenem Gestein besteht
- Durch die Abkühlung Inseln entstehen
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Es logisch klingt
- Verunreinigungen unlogisch sind
- Schatten nicht stark genug sind
- Es keine kühleren Bereiche gibt

Für den vierten Concept Cartoon haben die Schülerinnen und Schüler nachstehende Begründungen angegeben:

Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Kernfusion, weil:

- Geraten wurde
- Schon gelesen wurde
- Schon gelernt wurde
- Der extreme Druck im Sonneninneren den Prozess ermöglicht
- Die freigewordene Energie in Wärme umgewandelt wird
- Es im Vorwissen verankert ist
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Es logisch klingt
- Durch die Bildung neuer Atome viel Energie entsteht
- Die Sonne immer neue Atome erzeugen muss
- Neue Atome gebildet werden
- Dieser Prozess nur auf der Sonne möglich ist und nicht auf der Erde
- Kernfusion Energie erzeugt, die in Licht und Wärme umgewandelt wird

Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Verbrennen, weil:

- Im Sonneninneren Wasserstoff verbrannt wird
- Geraten wurde
- Es logisch klingt
- Man die Sonne mit einem Lagerfeuer vergleichen kann
- Die Sonne zum Leuchten aufhört, wenn ihr das Gas ausgeht
- Sie wie ein Ofen funktioniert
- Ein Beispiel angeführt wird
- Die Oberfläche brennt
- Material (=Wärmeenergie) das sie nicht mehr braucht wegschickt
- Je näher ein Planet an der Sonne ist, desto heißer ist es dort
- Es am Lagerfeuer/Grillen spürbar ist
- Schon gehört wurde, dass die Sonne irgendwann erlischt (=verbraucht ist)

Die Begründungen für den fünften Concept Cartoon lauten:

Die Wärmeenergie der Sonne kommt als Teil des Sonnenlichts zu uns, weil:

- Es logisch klingt
- Schon gehört/gelesen wurde
- Schon gelernt wurde
- Geraten wurde
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Wärmeenergie in Form von Infrarotstrahlung ausgesendet wird
- Licht Wärme abgibt
- Die Erdoberfläche erwärmt wird und das Licht weiterreflektiert wird
- Infrarotstrahlung = Wärmestrahlung
- Die Sonne blendet
- Die Infrarotstrahlung für uns unsichtbar ist (= als Wärme spürbar)
- Die Wärme Teil des Sonnenlichts ist
- Es im Vorwissen verankert ist
- Die Infrarotstrahlung und Ultraviolettstrahlung Teil des Sonnenlichts sind
- Die Wärmeenergie unsichtbar und Teil des Sonnenlichts ist
- Die Sonne UV- und Infrarotstrahlung abgibt
- Die Sonne nicht an Stromleitungen hängt

Die Wärmeenergie der Sonne ist begrenzt, weil:

- Je weiter weg von der Sonne, desto kühler ist es; je näher, desto wärmer
- Der Mond die Wärme der Sonne zur Erde blockiert
- Im Sonnensystem es immer kälter wird (= Sonne wird schwächer)
- Geraten wurde
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Die Infrarotstrahlen auf Distanz Energie verlieren
- Die Sonne nur eine begrenzte Reichweite hat
- Es auf den hinteren Planeten kühler ist
- Es logisch klingt
- Es vom Tag-Nacht-Zyklus abhängig ist
- Die Wärmeenergie distanzabhängig ist
- Die Sonne nicht alles erwärmen kann
- Nicht alle Planeten bewohnbar sind, weil es dort zu kalt ist
- Die Reichweite beschränkt ist
- Licht- und Wärmeenergie nicht dasselbe sind

Beim letzten Concept Cartoon zum Thema Protuberanzen haben die Schülerinnen und Schüler folgende Begründungen angegeben:

Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind Protuberanzen, weil:

- Geraten wurde
- Es logisch klingt
- Der Fragebogen ebenfalls den Begriff Protuberanzen verwendet
- Protuberanzen dasselbe, wie Sonnenstürme sind
- Die Sonne nichts wegwerfen kann
- Die Elektrostatik zu schwach dafür ist
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde
- Sie aufgrund des Magnetfelds entstehen
- Sie gleich wie Sonnenwinde entstehen
- Es schon gehört/gesehen wurde
- Die Sonne ein Magnet ist
- Die Sonne Materie ausstößt
- Ausstöße an den magnetischen Feldlinien entlanggehen

Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind überschüssige/verbrauchte Materie, weil:

- Die Sonne diese nicht mehr fusionieren kann
- Es logisch klingt
- Geraten wurde
- Bei vielen anderen Dingen es so ähnlich funktioniert
- Die verbrauchte Materie aus der Kernfusion entsorgt werden muss
- Das Ausschlussverfahren angewendet wurde

Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche kommen zustande, weil:

- Die Materie abgestoßen wird
- Geraten wurde
- Die elektrostatische Abstoßung zu vieler gleichgeladener Teilchen wirkt

5.3 Auswertung des Fragebogens

Die Auswertung der erhobenen Daten aus dem Fragebogen wurden in der oben dargestellten Codierung in das Statistikprogramm SPSS eingegeben. Durch unterschiedliche Auswertungsinstrumente kann je nach Verteilung der Daten weitergearbeitet werden. Die für diese Untersuchung als interessant angesehenen Bereiche der Auswertungswerkzeuge liegen in der Diagrammerstellung und der Korrelationsberechnung. Die Korrelation kann anhand von zwei unterschiedlichen Tests, dem Kendall-Tau-b-Test²⁰ und dem Spearman-Rho-Test²¹ zwei Parameter auf ihre Zusammenhänge überprüfen. In den nachfolgenden Tabellen wird der Korrelationsfaktor dargestellt, der ein Maß für den Zusammenhang der beiden Parameter ist. Der Koeffizient reicht von -1 bis +1. Bei +1/-1 würde ein vollständiger positiver/negativer linearer Zusammenhang zwischen den beiden Zuständen herrschen. Analog würde bei 0 kein Zusammenhang existieren. Der positive Bereich bedeutet, dass hohe Werte der Codierung eines Parameters zu hohen Werten der Codierung des anderen Parameters tendieren und niedrige zu niedrigen. Der negative Bereich bedeutet, dass hohe Werte mit niedrigen Werten korrelieren.

Je nach Verteilung der Fragebogenergebnisse werden die gewonnenen Daten unterschiedlich behandelt. Es wird zwischen parametrischen und nicht-parametrischen Tests unterschieden. Bei den verteilungsgebundenen (parametrischen) Tests wird eine bestimmte Verteilung der Ergebnisse, zum Beispiel eine Normalverteilung, angenommen (vgl. Bortz; Schuster, 2010; Hartung, 2005). Bei verteilungsungebundenen (nicht-parametrischen) Tests werden keine Annahmen zu der Verteilung gemacht (vgl. Bühner; Ziegler, 2009; Büning; Trenkler, 1994; Zöfel, 2003).

Korrelation Interesse an Physik – Geschlecht

Korrelationen dienen dazu, die Stärke zwischen zwei unabhängigen Variablen zu ermitteln und dadurch einen statistischen Zusammenhang herzustellen. Je nach Ergebnis des Korrelationstests kann von unterschiedlichen Stärkegraden gesprochen werden. In der Tabelle 23 werden die sogenannten Korrelationskoeffizienten dargestellt, um die Ergebnisse der nachfolgenden Korrelationen einordnen zu können.

²⁰ Der Kendall-Tau-b-Test ist ein nichtparametrischer Test für die Stärke und Richtung einer Korrelation zwischen zwei Parametern die eine Ordinal-Skala (z.B. Likert-Skala) verwenden (<https://statisticS.laerd.com/spss-tutorials/kendalls-tau-b-using-spss-statisticS.php>).

²¹ Der Spearman-Rho-Test beschreibt ähnlich wie der Kendall-Tau-b-Test die Stärke und Richtung einer Korrelation zwischen zwei nichtparametrischen Variablen, die auf einer Ordinal-, Intervall- oder Verhältnisskala beruhen (<https://statisticS.laerd.com/statistical-guides/spearmans-rank-order-correlation-statistical-guide.php>).

Korrelationskoeffizient	Interpretation
Bis 0,2	Sehr geringe Korrelation
Zwischen 0,21 und 0,5	Geringe Korrelation
Zwischen 0,51 und 0,7	Mittlere Korrelation
Zwischen 0,71 und 0,9	Hohe Korrelation
Über 0,9	Sehr hohe Korrelation

Tabelle 23: Interpretation der Korrelationskoeffizienten nach Raithel (vgl. Raithel, 2008, S. 154).

Die erste Korrelation, welche mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet wurde, untersucht den Zusammenhang zwischen dem Interesse der Schülerinnen und Schüler an dem Unterrichtsfach Physik und dem Geschlecht.

Die Größe der Stichprobe liegt bei $N = 96$. Dieser Zusammenhang wurde in der Fachliteratur der Physikdidaktik schon vielfach untersucht und hat gezeigt, dass Mädchen grundsätzlich weniger Interesse am Physikunterricht aufweisen als ihre männlichen Schulkollegen. Beide durchgeführten Korrelationstest, Kendall-Tau-b (0,278) und Spearman-Rho (0,291) haben gezeigt, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Interesse an Physik besteht. Auch wenn die Signifikanz nicht extrem ausfällt, ist sie dennoch für den Physikunterricht von Bedeutung und darf nicht außer Acht gelassen werden. Wenn man die Korrelation auf die teilgenommenen Klassen aufteilt, wird ersichtlich, dass die Klasse C eine viel höhere Korrelation (0,458 und 0,48) zwischen Interesse an Physik und dem Geschlecht aufweist als die drei anderen Klassen, deren Korrelationskoeffizient zwischen 0,161 und 0,279 liegt. In Tabelle 24 wird die Korrelation aller untersuchten Klassen dargestellt. In Tabelle 25 wird die Korrelation der Klasse dargestellt, bei welcher die Korrelation signifikant höher ist als bei den anderen drei Klassen. Die Korrelationen der drei anderen Klassen können im Anhang nachgelesen werden.

			Physik	Geschlecht
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,278**
		Sig. (2-seitig)	.	,005
		N	96	96
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,278**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,005	.
		N	96	96
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,291**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	96	96
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,291**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	96	96

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 24: Korrelation zwischen Interesse an Physik und dem Geschlecht. Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS, anhand dessen die beiden Korrelationstests Kendall-Tau-b und Spearman-Rho angewendet wurden.

			Physik	Geschlecht
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,458*
		Sig. (2-seitig)	.	,028
		N	22	22
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,458*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,028	.
		N	22	22
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,480*
		Sig. (2-seitig)	.	,024
		N	22	22
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,480*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,024	.
		N	22	22

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 25: Korrelation zwischen Interesse an Physik und dem Geschlecht der Klasse C.

Korrelation Interesse an Physik – Interesse an Astronomie

Die nächste Korrelation, die ausgewertet wurde, behandelt den Zusammenhang zwischen dem Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik und dem Interesse an der Astronomie. Bei dieser Korrelation wurde ebenfalls ein signifikanter linearer Zusammenhang festgestellt ($0,278 = \text{Kendall-Tau-b}$ und $0,291 = \text{Spearman-Rho}$). Folglich bedeutet dieses Ergebnis, dass hohe Zahlen in der Codierung der Antworten, sprich wenig bis kein Interesse bei den beiden Fragen, miteinander verbunden sind. Man kann schlussfolgern, dass die Schülerinnen und Schüler die wenig bis kein Interesse an Physik aufweisen, auch kein Interesse an der Astronomie haben. Dieses Ergebnis ist ein wenig überraschend, da die Astronomie als eher anwendungsorientierter Bereich der Physik angenommen werden kann und die Schülerinnen und Schüler oft ein erhöhtes Interesse für solche Teilbereiche zeigen. Ein Grund könnte die Abstraktivität des Themas sein, wodurch die Schülerinnen und Schüler wenig Bezug herstellen können, aber das wäre an dieser Stelle nur eine Mutmaßung.

Wie in der vorangegangenen Korrelation zwischen Interesse an Physik und dem Geschlecht der Schülerinnen und Schüler ist auch hier auffallend, dass sich der Korrelationskoeffizient in einer Klasse sich von den anderen drei Klassen stark unterscheidet. Dieser Ausreißer stellt diesmal die Klasse B, mit einem Koeffizienten von $0,427$ für Kendall-Tau-b und $0,441$ für Spearman-Rho dar. Die übrigen drei Klassen zeigen bei der Auswertung durch die beiden Korrelationstests keine stark signifikanten Zusammenhänge (zwischen $0,103$ und $0,322$). In der Tabelle 26 wird die Korrelationsauswertung aller Klassen dargestellt, in Tabelle 27 nur jene der Klasse B. Im Anhang sind die übrigen Korrelationen aufgelistet.

			Physik	Astronomie
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,262**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	96	96
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,262**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	96	96
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,287**
		Sig. (2-seitig)	.	,005
		N	96	96
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,287**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,005	.
		N	96	96

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 26: Korrelation zwischen Interesse an Physik und an Astronomie.

			Physik	Astronomie
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,427*
		Sig. (2-seitig)	.	,030
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,427*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,030	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,441*
		Sig. (2-seitig)	.	,027
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,441*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,027	.
		N	25	25

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 27: Korrelation zwischen Interesse an Physik und an Astronomie der Klasse B.

Korrelation Interesse an Physik – Familie

Eine weitere Korrelation, die mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS ausgewertet wurde bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen dem Interesse der Schülerinnen und Schüler an dem Unterrichtsfach Physik und den Möglichkeiten zu Hause mit den Eltern oder mit Freunden außerhalb des Schulsystems über physikalische und astronomische Phänomene sprechen zu können. Die Möglichkeiten nicht nur mit Hilfe von Medien wie Büchern, Fernsehsendungen und Internet Wissen über astronomische Erscheinungen im Alltag zu erlangen ist ein wichtiger Aspekt. Oft wird der Möglichkeit, dass Kinder Wissen über Alltagserscheinungen oder durch Diskussionen im familiären Umfeld zu sammeln, zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Bei allen teilgenommenen Klassen wurde nach dem Ausfüllen der Concept Cartoons und des Fragebogens eine Diskussion im Plenum abgehalten. Anhand dessen konnten genauere Informationen zu gewissen Fragen und/oder Antworten festgestellt werden. Eine davon betraf die Frage *„Redest du mit deinen Eltern/Familienmitgliedern/Freunden über astronomische Phänomene?“*. Dabei sollte von den Schülerinnen und Schüler ermittelt werden, welche astronomischen Themen zu Hause oder mit Freunden besprochen werden. Die Antworten der Kinder waren in allen Klassen ähnlich und betrafen vor allem die Phänomene der Sonnenfinsternis, des Vollmondes und der Sternschnuppen. Alle drei Antworten sind sehr speziell und nicht unbedingt als alltäglich anzusehen, wodurch ein solides Grundwissen der Gesprächspartner vorausgesetzt werden kann.

In der Tabelle 28 wird exemplarisch die Klasse B mit dem höchsten Korrelationskoeffizienten, 0,287 für Kendall-Tau-b und 0,319 für Spearman-Rho, dargestellt. Die übrigen drei Klassen weisen einen geringen Koeffizienten, zwischen 0,038 und 0,292, auf und können daher hier ausgelassen werden. Sie können bei Interesse im Anhang nachgelesen werden.

			Physik	Familie/Freunde
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,287
		Sig. (2-seitig)	.	,118
		N	24	24
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,287	1,000
		Sig. (2-seitig)	,118	.
		N	24	24
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,319
		Sig. (2-seitig)	.	,128
		N	24	24
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,319	1,000
		Sig. (2-seitig)	,128	.
		N	24	24

Tabelle 28: Korrelation zwischen Interesse an Physik und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene der Klasse A.

Korrelation Interesse an Astronomie – Familie

Diese Korrelation ist der vorangegangenen sehr ähnlich und stellt den Zusammenhang zwischen dem Interesse an Astronomie und der Möglichkeit zu Hause oder mit Freunden oder Eltern über physikalische oder astronomische Alltagsphänomene sprechen zu können dar. Wie man in Tabelle 29 sehen kann, ist der Zusammenhang zwischen den beiden Parametern signifikant hoch (0,308 für Kendall-Tau-b und 0,343 für Spearman-Rho), womit eine Korrelation besteht.

Wenn man sich die vier Klassen separat ansieht, wird ersichtlich, dass nur in den zwei Klassen C (0,441 für Kendall-Tau-b und 0,486 für Spearman-Rho) und D (0,35 für Kendall-Tau-b und 0,353 für Spearman-Rho) ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Interesse an Astronomie und der häuslichen Wissensvermittlung besteht. Die beiden signifikanten Klassen werden einzelnen in der Tabelle 30 und Tabelle 31 dargestellt.

			Familie/Freunde	Astronomie
Kendall-Tau-b	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,308**
		Sig. (2-seitig)	.	,001
		N	96	96
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,308**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,001	.
		N	96	96
Spearman-Rho	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,343**
		Sig. (2-seitig)	.	,001
		N	96	96
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,343**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,001	.
		N	96	96

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 29: Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene aller Klassen.

			Familie/Freunde	Astronomie
Kendall-Tau-b	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,350*
		Sig. (2-seitig)	.	,042
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,350*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,042	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,353
		Sig. (2-seitig)	.	,083
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,353	1,000
		Sig. (2-seitig)	,083	.
		N	25	25

* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 30: Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene der Klasse D.

			Familie/Freunde	Astronomie
Kendall-Tau-b	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,441*
		Sig. (2-seitig)	.	,025
		N	22	22
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,441*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,025	.
		N	22	22
Spearman-Rho	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,486*
		Sig. (2-seitig)	.	,022
		N	22	22
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,486*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,022	.
		N	22	22

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 31: Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene der Klasse C.

6. Diskussion der Forschungsergebnisse

Nachdem die Ergebnisse der empirischen Untersuchung im vorangegangenen Kapitel dargestellt worden sind, sollte deren Wert im Kontext der qualitativen und quantitativen Gütekriterien für wissenschaftliche Forschungsarbeit, sowie in den Diskurs der aktuellen Forschungslage, die schon in einem eigenen Kapitel behandelt worden ist, gestellt werden. Diese Gütekriterien dienen dazu die Ergebnisse auf ihre Gültigkeit, sowie ihre Genauigkeit hin zu überprüfen. Um der Untersuchung die nötige Qualität zu verleihen, wurde sich im Vorfeld mit qualitativer und quantitativer Datenerhebungsmethoden und deren Gütekriterien auseinandergesetzt. Mayring hat dazu sechs allgemeingültige Qualitätsmerkmale für qualitative Studien erarbeitet. Dazu zählen (vgl. Mayring, 1993, S. 110-113; Lamnek, 1995, S. 156f):

- Verfahrensdokumentation
- Argumentative Interpretationsabsicherung
- Regelgeleitetheit
- Nähe zum Gegenstand
- Kommunikative Validierung
- Triangulation

Nach bestem Wissen und Gewissen wurde anhand dieser Gütekriterien gearbeitet, auch um einen wissenschaftlichen Standard zu erreichen und den festgestellten Ergebnissen die nötige Gültigkeit zu verleihen. Die qualitative Analyse nach Mayring wurde bei der Analyse der schriftlichen Begründungen der Schülerinnen und Schüler für die Concept Cartoons eingesetzt. Dabei sollten die Ergebnisse zuerst paraphrasiert, kategorisiert und anschließend generalisiert werden. Die Transkripte von zwei Klassen der vier Klassen können im Anhang (S. 140-150) nachgelesen werden. Sie dienen vor allem dem Nachweis der Plenumsdiskussion beziehungsweise zeigen die Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25 wie sich Schülerinnen und Schüler die Sonne zeichnerisch vorstellen. Der „Klassiker“ stellt dabei ein Kreis mit abgehenden Strahlen dar. Die eingezeichneten Strahlen sollen bei Nachfrage an die Schülerinnen und Schüler die unsichtbare Infrarotstrahlung darstellen. Die Arbeit von Sommer (2002) untersuchte ebenfalls die grafische Darstellung der Sonne von Kindern. Es wird ersichtlich, dass auch Schülerinnen und Schüler in der AHS-Unterstufe ähnliche Zeichnungen zur Sonne machen als Grundschulkinder. Das liegt zum einen an der Einfachheit der Darstellung, die auch oft in unterschiedlichen Medien Verwendung findet, als auch an der Abstraktivität der Sonne selbst und die Schwierigkeit diese wissenschaftlich korrekt darzustellen und erkennbar zu machen.

Die Sonne als alltägliches Objekt der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler hat den großen Vorteil einen einfachen und spannenden Zugang zu naturwissenschaftlichen Konzepten im Unterricht zu eröffnen. Viele der teilgenommenen Schülerinnen und Schüler weisen schon Vorwissen rund um die Sonne auf. Das hat sich vor allem in den Plenumsdiskussionen bemerkbar gemacht. Einige der bei den Schülerinnen und Schüler vorhandenen Präkonzepte stammen nicht nur aus ihren Alltagserfahrungen, sondern aus dem Fernsehen, dem Internet, von den Eltern oder von anderen naturwissenschaftlichen Fächern, zum Beispiel Biologie und Geografie. Aus Biologie kennen viele Schülerinnen und Schüler die Infrarotstrahlung und in Geografie haben sie sich zum Teil mit dem „*geologischen*“ Schichtaufbau von Sonne und Erde beschäftigt. Als der für die Astronomie zentrale Wissensort, das Planetarium oder Sternwarte, konnte zu meiner Freude festgestellt werden, dass 84 % der Schülerinnen und Schüler aller untersuchten Klassen eine der beiden Institutionen mindestens einmal besucht haben. Dabei gaben sie bei Nachfrage vornehmlich die Kuffner Sternwarte, die Urania und das Planetarium im Prater an. Es kann Schluss gezogen werden, dass die Möglichkeiten im außerschulischen Rahmen Wissen über Physik und Astronomie zu sammeln einen Beitrag zur Motivation und Interesse an den jeweiligen Teilbereichen leistet. Je geringer diese Möglichkeit ist, desto weniger interessiert sich das Kind auch dafür und umgekehrt.

Die in den Concept Cartoons angeführten Phänomene der Sonne, unter anderem die Sonnenflecken und Protuberanzen, waren der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler, den Ergebnissen der Untersuchung und den durchgeführten Plenumsdiskussionen nach, nur teilweise bekannt. Bei denjenigen, die davon schon gehört haben, gaben an, dass vor allem das Fernsehen, zum Beispiel Sendungen wie Galileo oder Universum, als Wissensmedium bevorzugt wird. Auch das Internet wird von vielen Schülerinnen und Schüler als bevorzugtes Nachschlagewerk für Wissen angegeben und regelmäßig verwendet. Die genauen Hintergründe der physikalischen Phänomene werden aber deshalb nicht automatisch nachhaltig vermittelt, da bei diesen beiden Fragen alle Antwortmöglichkeiten vertreten waren.

Ein paar der erforschten und festgehaltenen Alltagsvorstellungen zu den insgesamt sechs Concept Cartoons finden sich in anderen Themenbereichen und Kontexten des Physikunterrichts wider. Die Vorstellung in der Thermodynamik, dass Wärme einen Trägerstoff benötigt ist ebenso bekannt, wie die Verbrauchsvorstellung in der Elektrizitätslehre oder die Gleichsetzung der beiden Begriffe Licht und Wärme.

Ähnlich wie bei der Studie von Sommer (2002) konnte auch bei vorliegenden Untersuchung im Zuge des Fragebogens deutlich gemacht werden, dass die neuen Medien Internet und Fernsehen, aber vermutlich auch, vor allem für die Jungen, Computerspiele, einen wichtigen Beitrag dazu leisten, das Interesse und die Motivation an naturwissenschaftlichen Themen wie zum Beispiel der Raumfahrt zu leisten. Zusätzlich werden den Kindern dabei unterbewusst manche physikalisch korrekten Konzepte und Ansichten vermittelt, zum Beispiel die Definition von Sternen und Planeten.

Die Alltagsvorstellung, dass die Sonne selbst oder nur ihre Oberfläche brennt, konnte, wie schon die Studie von Bryce und Blown (2012) feststellt, bestätigt werden. Die Vorstellung der Sonne als einen brennenden Gasball ist, wie auch schon in der Einleitung mit dem Zitat von Kant gezeigt, eine alte und widerstandsfähige Vorstellung, die aufgrund ihrer schwierigeren Überprüfbarkeit nicht so einfach zu beseitigen ist. Der Begriff der Infrarotstrahlung hingegen stellte für die meisten Schülerinnen und Schüler kein Problem dar, wie sie bei einer Untersuchung von Neumann und Hopf (2011) festgestellt werden konnte. Möglicherweise liegt es daran, dass die Schülerinnen und Schüler schon Bekanntschaft mit dem Konzept der Infrarotstrahlung und den dazugehörigen Begriffen in anderen Unterrichtsfächern, wie zum Beispiel Biologie gemacht haben.

7. Abschlussresümee

Das am Anfang dieser Diplomarbeit festgelegte Ziel einen Beitrag zur aktuellen Forschungslage der Physikdidaktik im Bereich der astronomischen Schülervorstellungen zur Sonne zu liefern sollte erreicht werden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden in der empirischen Untersuchung eine qualitative und quantitative Forschungsmethode miteinander kombiniert. Bei der Auswertung der Untersuchungsunterlagen, speziell der Concept Cartoons, konnte festgestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler schon einige Ideen und Vorstellungen zur Sonne, unter anderem ihrem Aufbau, ihre Energieerzeugung oder den Wärmetransport, entwickelt haben, bevor sie sich mit dieser Materie im Schulunterricht auseinandersetzen werden.

Ihr Wissen dazu sammelten die Schülerinnen und Schüler der teilgenommenen 3.Klassen Unterstufe (Sekundarstufe I) vor allem aus den modernen Medien wie Fernsehen und Internet, wie aus den Ergebnissen des Fragebogens ermittelt werden konnte. Die daraus resultierenden Alltagserfahrungen über die Sonne wurden durch die zusätzlichen schriftlichen Antworten genauer analysiert. Diese Begründungen stellten für diese Forschungsarbeit eine wichtige Ergänzung dar. Die Ergebnisse dazu sind aufschlussreich und lieferten einen genaueren Blick auf das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler sowie weitere Erkenntnisse zu den vorhandenen Schülervorstellungen zur Sonne.

Es soll hier erwähnt werden, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler der teilgenommenen Klassen eine gute Kenntnis der Definitionen von Sternen und Planeten aufweist und somit die Frage des ersten Concept Cartoon kein Problem darstellte. Bei den übrigen fünf Fragestellungen der Concept Cartoons ergaben sich dann zunehmend mehr Schwierigkeiten für die Schülerinnen und Schüler. Die Rolle des Geschlechts spielt in diesem Zusammenhang ebenfalls eine wichtige Rolle, da sich Jungen und Mädchen teilweise stark in ihrem Antwortverhalten unterscheiden (siehe Diagramme in den Auswertungen). Die festgestellten Schülervorstellungen zur Sonne wurden in Kategorien eingeordnet und zusammengefasst:

1. Charakteristik der Sonne:

- Die Sonne ist ein glühender Planet.
- Die Sonne ist eine Sonne, die sich von Planeten und Sternen unterscheiden.
- Sterne glühen und/oder brennen.
- Die Sonne kann kein Stern sein, da sie der Erde viel zu nah ist.
- Die Sonne ist ein Magnet.

➔ **Schülervorstellung:** Die Sonne ist ein Planet oder eine Sonne und glüht/brennt.

2. Aufbau der Sonne:

- Planeten bestehen aus fester Materie und nicht aus Gasen.
- Sterne bestehen aus festen Stoffen.
- Sterne brauchen einen festen Kern.
- Große Objekte bestehen selten aus Materie.
- Die Oberfläche der Sonne besteht aus Gestein und Lava.
- Die Oberfläche der Sonne besteht aus Gasen und brennt wie ein Feuer.
- Die Sonne hat wie die Erde einen festen Kern.
- Im Inneren der Sonne befindet sich ein fester Kern, der glüht und für die Wärme verantwortlich ist.

➔ Schülervorstellungen:

Sterne, Sonnen, Planeten brauchen einen festen Kern und bestehen aus festen Stoffen und nicht aus Gasen.

Die Oberfläche der Sonne brennt, da sie aus Lava besteht.

Die Oberfläche der Sonne brennt durch die flammbaren Gase aus dem festen Inneren.

3. Phänomene auf der Sonnenoberfläche:

- Sonnenflecken sind Schatten von anderen Himmelskörpern auf der Sonnenoberfläche.
- Sonnenflecken sind Verunreinigungen im Gas.
- Sonnenflecken sind Inseln aus Gestein, die auf Lava schwimmen.
- Es gibt keine Temperaturunterschiede auf der Sonnenoberfläche.
- Eine Protuberanz ist verbrauchte Materie, die von der Sonne ins Weltall entsorgt wird.
- Eine Protuberanz ist überschüssige Materie, die von der Sonne nicht benötigt/nicht fusioniert werden kann und ins Weltall abgestoßen wird.
- Eine Protuberanz entsteht durch elektrostatische Abstoßung von gleichgeladenen Teilchen in der Sonnenoberfläche.
- Eine Protuberanz ist dasselbe wie ein Sonnensturm.

➔ Schülervorstellungen:

Sonnenflecken sind temperaturunabhängig und stellen Verunreinigungen in der gasförmigen Sonnenoberfläche dar.

Sonnenflecken sind Gesteinsinseln auf der Lavaoberfläche.

Sonnenflecken sind Schatten von Himmelskörpern auf der Sonnenoberfläche.

Protuberanzen sind überschüssige/verbrauchte Sonnenmaterie, die aufgrund der elektrostatischen Wechselwirkung abgestoßen wird.

4. Wärmeproduktion der Sonne:

- Kernfusion ist nur in der Sonne möglich und nicht auf der Erde.
- Die Sonne verbrennt Materie im Inneren. Analogie zum Ofen.
- Gase lassen sich leichter fusionieren als feste Stoffe.
- Licht und Wärme ist dasselbe.

➔ Schülervorstellungen:

Kernfusion ist nur in der Sonne möglich und Gase lassen sich leichter fusionieren als feste Stoffe.

Die Sonne verbrennt Materie im Inneren.

5. Wärmetransport der Sonne:

- Wärme ist ein Stoff der einen Träger braucht, um durch das Weltall zu gelangen.
- Objekte, die im direkten Weg zwischen Sonne und Erde sind, blockieren den Wärmetransport.
- Die Oberfläche der Sonne ist für die Wärme verantwortlich. Analogie zum Lagerfeuer.

➔ Schülervorstellung:

Wärme(-stoff) braucht einen Träger für den Transport.

Die Sonnenoberfläche ist für den Wärmeausstoß verantwortlich.

Die Begründungen lieferten einen zusätzlichen Einblick in das Antwortverhalten der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler. Dabei ist speziell bei dem Concept Cartoon Nr. 6 aufgefallen, dass die Schülerinnen und Schüler tendenziell die Antwort von Markus favorisiert haben. Die Begründungen bei diesem Concept Cartoon zeigen aber, dass viele Schülerinnen und Schüler diese Antwort geraten oder als logisch erachtet haben, ohne genauere Informationen anzugeben. Das lässt die Interpretation zu, dass die fachliche Ausdrucksweise von Markus Antwort, speziell die Verwendung des Begriffs „*Protuberanz*“ eine enorme Entscheidungshilfe für die Schülerinnen und Schüler darstellte. Je präziser und fachlicher eine Antwort klingt, desto wahrscheinlicher wird diese auch gewählt werden, auch ohne selbst mehr darüber zu wissen.

Der Concept Cartoon Nr. 5 stellt ebenfalls einen besonderen Fall dar, da sich die Schülerinnen und Schüler hier relativ schwer getan haben sich zwischen der Antwort von Markus und Tom zu entscheiden. Das Problem liegt vermutlich in der Antwortgestaltung, da entgegen dem Design nur einer richtigen Antwort hier zwei mögliche richtige Aussagen vorliegen. Beide Antworten sind physikalisch korrekt, die Antwort von Markus ist „*fachlicher*“ und die Antwort von

Tom „*phänomenologischer*“ oder „*alltagstauglicher*“ formuliert. Zwar sollte hier auf dieses Missgeschick hingewiesen werden, die als „*richtig*“ angesehenen Antworten sind aber sowieso nur von geringerer Bedeutung für diese Untersuchung, da sie nicht unbedingt die gesuchten Präkonzepte beinhalten. Die Begründungen lieferten in diesem Fall einen wichtigen Beitrag auf die zugrundeliegenden Fehlvorstellungen schließen zu können.

Die Ergebnisse des Fragebogens konnten zum einen Korrelationen zwischen dem Geschlecht und dem Interesse an Physik und Astronomie darstellen, aber auch festhalten, dass die familiäre Situation für das Interesse an den Naturwissenschaften von Bedeutung ist. Das heißt, dass je weniger die Schülerinnen und Schüler zu Hause die Möglichkeit bekommen ihr Interesse an den Naturwissenschaften zu stillen, desto weniger interessieren sie sich auch in der Schule daran. Im Anhang können die detaillierten Ergebnisse des Fragebogens und der Korrelationen nachgelesen werden.

Die Plenumsdiskussion mit den Schülerinnen und Schülern bezüglich den Concept Cartoons, die darin verwendeten Grafiken und dem Fragebogen lieferte einen detaillierteren Blick auf die im Hintergrund stattfindenden Prozesse die maßgeblich für die Motivation und das Interesse für astronomische und naturwissenschaftliche Themenbereiche von Bedeutung sind. Wie schon bei den Ergebnissen des Fragebogens deutlich geworden ist, spielt die Bereitstellung von Wissensquellen im privaten Rahmen eine wichtige Rolle. Dazu zählen private Besuche in astronomischen Institutionen wie Sternwarten oder Planetarien, aber auch der Zugang zum Internet um Recherchen betreiben oder beliebte naturwissenschaftliche Wissenssendungen wie Galileo oder Universum im Fernsehen verfolgen zu können.

Zum Schluss soll ein Anreiz für weitere Studien zu Schülervorstellungen zur Sonne geliefert werden. Die hier angeführte Untersuchung bietet für die Sekundarstufe I, genauer die 3.Klasse AHS-Unterstufe, nur einen kleinen Ausschnitt der vorhandenen Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler im Bereich der Astrophysik und Astronomie. Es kann davon ausgegangen werden, dass noch weitere Alltagsvorstellungen zum Thema Sonne existieren, die hier nicht Gegenstand der Untersuchung waren. Eine Querschnittsstudie über verschiedene Jahrgänge um eventuelle Altersunterschiede feststellen zu können oder eine mögliche Differenzierung zwischen ländlichen und städtischen Schülervorstellungen wären eine wünschenswerte Fortsetzung in diesem Bereich der physikdidaktischen Forschung. Eine Differenz zwischen Stadt und Land ist vor allem unter der Berücksichtigung der gegebenen Möglichkeiten wie Planetarien oder anderen Forschungs- und Wissensinstitutionen (z.B. Museen) spannend. Eine vertiefende Analyse von einzelnen Schülerinnen und Schülern bezüglich ihrer Vorstellungen im Rahmen eines Gesprächs würde eine interessante Ergänzung zur relativ oberflächlichen Untersuchung einer ganzen Klasse darstellen. Denn die Plenumsdiskussion hat zwar zusätzliche inte-

ressante Informationen für diese Diplomarbeit geliefert, stellt aber keinen Anspruch auf Verallgemeinerung von Motivation, Interessen und grafische Vorstellung der Sonne, da sie als Ergänzung und nicht als Haupt-Untersuchungswerkzeug konzipiert war. Ebenfalls wäre eine vertiefende qualitative Untersuchung mit Hilfe von Interviews zu den hier aufgedeckten Schülervorstellungen von Bedeutung. Durch die Größe der Stichprobe mit 96 Schülerinnen und Schüler, 51 Schülerinnen und 45 Schülern, und den Untersuchungsrahmen an drei unterschiedlichen Wiener Gymnasien, sind ähnliche Präkonzepte auch bei gleichaltrigen Schülerinnen und Schüler in demselben Schultyp erwartbar. Deshalb sollten die hier erforschten und angeführten Schülervorstellungen bei der Planung und Durchführung von Unterrichtsinhalten für den Physikunterricht der AHS-Unter- und Oberstufe die mit Hilfe einer Kontextualisierung der Sonne erarbeitet, auch berücksichtigt werden.

8. Ausblick

Die Alltäglichkeit der Sonne ist für den Physikunterricht ein großer Vorteil, da sie als Kontext für viele Konzepte die im Lehrplan vorgesehen sind, verwendet werden kann. Der Nachteil ist aber auch die Selbstverständlichkeit mit welcher der Sonne begegnet wird, wodurch sich viele Menschen keine näheren Gedanken zu ihrem Aufbau, ihrer Funktionsweise und ihrer Bedeutung für die Erde machen.

Um einen praktischen Nutzen aus den hier gewonnenen Erkenntnissen für den Physikunterricht zu ziehen, sollen die Ergebnisse in den Kontext des Physiklehrplans gesetzt werden. Bei der Durchführung der empirischen Untersuchung und der anschließenden Auswertung der Daten konnte festgestellt werden, dass viele Schülerinnen und Schüler zwar ein solides Grundwissen über die Sonne verfügen, ohne sich explizit mit der Thematik im Physikunterricht auseinanderzusetzen zu haben. Bei spezifischeren Fragen zum Beispiel den Protuberanzen oder der Energieerzeugung konnten Fehlvorstellungen festgestellt werden. Als Lehrkraft kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass jedes Kind mit den gleichen Voraussetzungen in den Unterricht kommt. Deswegen sollen die hier gewonnenen Erkenntnisse zu den Schülervorstellungen zur Sonne einen Beitrag dazu leisten, dass Lehrpersonen adäquat auf vorhandene Präkonzepte reagieren können.

Wie schon im Kapitel des Lehrplans für Physik dargestellt wurde, werden ab der dritten Klasse der AHS-Unterstufe Themengebiete aufgegriffen, die im Kontext der Sonne von Bedeutung sind. Wenn der Wärmetransport im Unterricht behandelt wird, kann die Wärmestrahlung der Sonne als anschauliches Beispiel herangezogen werden. Die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler, dass die Oberfläche der Sonne für den Wärmetransport verantwortlich ist und die Wärme ein Trägermedium braucht, um durch das Weltall zu gelangen, sollte von den Lehrkörpern in der Planung und Durchführung der Unterrichtseinheit berücksichtigt werden. Als Beispiel könnte das Erhitzen eines Drahtes mit Strom im Vakuum herangezogen werden, um zu zeigen, dass kein Trägermedium für den Wärmetransport notwendig ist. Zur Ergänzung und falls es der Aufbau zulässt, könnte auch eine Infrarotlampe statt dem Draht verwendet werden. Dieser Versuch könnte als Demonstrationsexperiment in der Unterstufe vorgestellt und in der Oberstufe genauer behandelt werden.²²

²² Paul Scherrer Institut (https://www.psi.ch/ilab/InformationsmaterialDE/Vakuum-Experiment_2014.pdf, 2014, S.18f).

Ein anderes Beispiel stellt zum Beispiel die Kernfusion dar, die laut Lehrplan ab der vierten Klasse der AHS-Unterstufe behandelt werden sollte. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zu dieser Fragestellung konnten zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler die Vorstellung besitzen, die Sonne funktioniere wie ein Ofen in dem vornehmlich Gase verbrannt werden. Eine techniklastige Behandlung der Kernfusion würde sich am Beispiel der Projekte JET oder ITER durchführen lassen. Eine einfachere Alternative, die auch für jüngere Schülerinnen und Schüler gut geeignet ist, wäre ein Video mit dem Titel „*Woher hat die Sonne ihre Energie?*“²³ von Harald Lesch, einem bekannten deutschen Physiker und Astronom der einige wissenschaftliche Fernsehsendungen im deutschsprachigen Raum moderiert hat, zu zeigen.

Im Zeitalter des Internets ist es einfach Videos und Bilder von der Sonne, zum Beispiel in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen, zu betrachten. Die Sonne direkt im Klassenzimmer oder durch ein Teleskop zu betrachten, birgt aber einen zusätzlichen Reiz und womöglich eine effektivere Verknüpfung von Sinneseindrücken und Bedeutung (siehe 3.2.3 Konstruktivismus in der Lerntheorie).

Ein weiterer Versuch der ohne viel Aufwand im Klassenzimmer durchgeführt werden kann, um den Schülerinnen und Schülern eine bessere Vorstellung von der Sonne näherzubringen, ist die Projektion unseres Zentralgestirns über ein Fernrohr auf eine Fläche. Diese Fläche kann ein Projektionsschirm oder eine Wand sein, die aufgrund des niedrigen Kontrasts möglichst schattig sein sollte. Durch diesen einfachen Versuch ist es gefahrlos möglich ein vergrößertes Bild der Sonne herzustellen, bei welchem sogar die Sonnenflecken beobachtbar sind.^{24 25} Eine Alternative ist ein Schulbesuch im Planetarium oder einer Sternwarte, wo durch spezielle Filter unterschiedliche Wellenlängenbereiche der Sonne sichtbar und sogar Protuberanzen beobachtbar werden. Beide Möglichkeiten bieten in Hinblick auf den Physiklehrplan den Vorteil, dass sie in jeder Schulstufe durchführbar sind.

Weitere Phänomene die im Physikunterricht unbedingt behandelt werden müssen, sind zum Beispiel der Regenbogen, um die Zusammensetzung des Sonnenlichts zu verstehen, aber auch die Sonnenfinsternis, bei welcher die sonst nicht sichtbare Korona zu sehen ist. Ebenfalls von Interesse sind die Polarlichter, die durch die geladenen Teilchen der kosmischen Strahlung und dem Erdmagnetfeld entstehen, aber nur indirekt etwas mit der Sonne zu tun haben.

²³ Lesch, Harald, Online verfügbar unter: http://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-sonne-1999_x100.html.

²⁴ Kayser, Rainer, Online verfügbar unter: <https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/sonne-beobachten/>

²⁵ Keeley, Page; Sneider, Cary Ivan, Online verfügbar unter: http://web.a.ebscohost.com.uaccess.univie.ac.at/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzQ2NDc4NV9fQU41?sid=0916adb6-5398-478f-a267-87c6212d7117@sessionmgr4009&vid=0&format=EB&lpid=lp_189&rid=0, S.65.

Zusammenfassend soll die Sonne als Kontext im Physikunterricht gezielt eingesetzt werden, um den Schülerinnen und Schülern ein besseres Verständnis ihrer Umwelt zu ermöglichen. Ab der dritten Klasse der AHS-Unterstufe ist die Einbettung der Sonne in den Physikunterricht realisierbar. Es ist also wichtig so früh wie möglich die Sonne physikalisch korrekt zu thematisieren, denn je früher ein differenziertes Bild unseres zentralen Himmelsobjekts gezeichnet wird, desto besser ist das für das weitere Verständnis der Schülerinnen und Schüler. Die in dieser Arbeit gewonnen Erkenntnisse über die Schülervorstellungen zur Sonne tragen ihren Teil dazu bei, einen möglichst effizienten Physikunterricht in Hinblick auf relevante Konzepte zur Sonne zu erarbeiten.

9. Literaturverzeichnis

Baalmann, Wilfried; Frerichs, Vera; Weitzel Holger; Gropengießer, Harald; Kattmann, Ulrich (2004):

Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung. Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 10, S. 7–28.

Barke, Hans-Dieter (2006): Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen: Springer.

Barke, Hans-Dieter; Engida, Temechegn; Yitbarek, Sileshi (2010): Concept Cartoons: Diagnose, Korrektur und

Prävention von Fehlvorstellungen im Chemieunterricht. Online verfügbar unter https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/conceptcartoonS.pdf.

Barke, Hans-Dieter; Harsch, Günther; Schmid, Siegbert (2012): Essentials of Chemical Education. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg.

Bryce, T. G. K.; Blown, E. J.: Children's Concepts of the Shape and Size of the Earth, Sun and Moon. In: *International Journal of Science Education*, 01 February 2013, Vol. 35(3), p. 388–446, S. 388.

Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des Bildungswesens (bifie) (2011):

Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8.Schulstufe. Vorläufige Endversion Oktober 2011. Online verfügbar unter http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf.

Bundesministerium für Bildung: Österreichischer Lehrplan AHS-Oberstufe. Unterrichtsfach Physik. Online verfügbar Unter https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_10_11862.pdf?61ebyx

Bundesministerium für Bildung: Österreichischer Lehrplan AHS-Unterstufe. Unterrichtsfach Physik. Online verfügbar unter https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16_791.pdf?61ebzq.

Demtröder, Wolfgang (2010): Experimentalphysik 4. Kern-, Teilchen- und Astrophysik.

Dierks, P. O.; Höffler T.; Parchmann, I. (2014): Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften. Ist es wirklich so schlecht wie sein Ruf? In: *CHEMKON - Chemie konkret* 21 (3), S. 111–116.

Dobrick, Martin (1985): Gegenseitiges (Miß-)Verstehen in der dyadischen Kommunikation. Münster: Aschendorff (Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie, 14).

Dobrick, Martin (1985): (Miß-)Verstehen im Unterricht, ein verstehenspsychologischer Erklärungsansatz für einige soziale Phänomene im pädagogischen Kontext. In: *Bildung und Erziehung* 4 (38), S. 429–440.

Duit, Reinders: Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften in einem mehrperspektivischen Ansatz.

In: Duit, R. und von Rhöneck, C. (Hg.): Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr- Lern-Forschung, S. 77–103.

Duit, Reinders (1995): Empirische physikdidaktische Unterrichtsforschung. In: *Unterrichtswissenschaften, Zeitschrift für Lernforschung* 23 (2), S. 98–107.

Duit, Reinders (1995): Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6), S. 905–923.

Duit, Reinders (2004): Schülervorstellungen und Lernen von Physik. In: *Piko-Brief* (1), S. 1–5.

Duit, Reinders; Jung, Walter; Pfundt, Helga (1981): Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Köln: Aulis-Verl. Deubner (Didaktik der Naturwissenschaften, 6).

- Duit, R. und von Rhöneck, C. (Hg.): Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung.
- Elster, Doris: In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. Online verfügbar unter https://www.univie.ac.at/pluslucis/Plus-Lucis/073/s2_8.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2017.
- Fenske, Felix; Klee, Andreas; Lutter, Andreas (2011): Concept-Cartoons as a Tool to Evoke and Analyze Pupils Judgments in Social Science Education. In: *Journal of Social Science Education* 10 (3), S. 46–52. Online verfügbar unter <http://www.jsse.org/index.php/jsse/article/view/1175/1078>, zuletzt geprüft am 18.09.2017.
- Frey-Eiling, Angela (1992): Mädchen und Frauen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Werkstattbericht aus der Lehrerbildung. In: *Bildung und Erziehung* 1 (45), S. 83–88.
- Gropengießer, Harald (1997): Schülervorstellungen zum Sehen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (1), S. 71–87.
- Gropengießer, Harald (1999): Was die Sprache über unsere Vorstellungen sagt. Kognitionslinguistische Analyse als Methode zur Erfassung von Vorstellungen: Das Beispiel Sehen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5 (2), S. 57–77.
- Gropengießer, Harald (2005): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung.
- Hanke, Udo; Ingenkamp, Frank; Janalik, Heinz; Treutlein, Gerhard (1985): Lehrer- und Schülerperspektiven im Unterricht. In: *Bildung und Erziehung* 4 (38), S. 483–508.
- Hanslmeier, Arnold 1959 (2007): Einführung in Astronomie und Astrophysik. 2. Aufl. Berlin: Spektrum Akad. Verl.
- Heller, Kurt A. (1992): Koedukation und Bildungschancen der Mädchen. In: *Bildung und Erziehung* 1 (45), S. 5–30.
- Hopf, Martin; Binder, Ronald; Bodingbauer, Lothar; Haagen-Schützenhofer, Claudia; Neumann, Susanne; Pitzl-Reinbacher, Robert et al.: Semestrierung und Kompetenzkatalog Oberstufe Physik AHS. Online verfügbar unter https://aeccp.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/kompetenzzentrum_aeccp/content/Entwurf_Semestrierung.pdf.
- Inel, Didem; Balim, Ali Günay (2013): Concept Cartoons Assisted Problem based Learning Method in Science and Technology Teaching and Students' Views In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 93, S. 376–380. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.09.206.
- Ingec, Sebnem Kandil (2008): Use of concept cartoons as an assessment tool in physics education. In: *US-China Education Review* 5 (11), S. 47–54.
- International Astronomical Union (2006): Resolution B5. Definition of a Planet in the Solar System. Online verfügbar Unter https://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf#page=1&zoom=auto,-265,798, zuletzt geprüft am 09.08.2017.
- Jacobi, Manfred (2005): Kants Theorie der Sonne. Physikgeschichte. In: *Physik in unserer Zeit* 36 (1), S. 19–23. DOI: 10.1002/piuz.200501058.
- Kabapinar, Filiz (2005): Effectiveness of teaching via concept cartoons from the point of view of constructivist approach. In: *Educational Sciences: Theory & Practice* 5 (1), S. 135–146.
- Kabapinar, Filiz (2009): What makes Concept Cartoons more effective? Using research to inform practice. In: *Education and Science* 34 (154).
- Kaptan, Fitnat; Izgi, Ümit (2014): The effect of use concept cartoons attitudes of first grade elementary students

- towards science and technology course. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 116, S. 2307–2311.
- Karmasin, Matthias 1964; Ribing, Rainer (2012): Die Gestaltung wissenschaftlicher Arbeiten. 7., aktualisierte Aufl. Wien: Facultas. WUV (UTB, 2774: Schlüsselkompetenzen).
- Kattmann, Ulrich; Duit, Reinders; Gropengießer, Harald; Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (3), S. 3–18.
- Keogh, Brenda; Naylor, Stuart (1999): Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. In: *International Journal of Science Education* 21 (4), S. 431–446.
- Kircher, Ernst (2009): Physikdidaktik. Unter Mitarbeit von Ernst Kircher. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Kircher, Ernst 1940 (1995): Studien zur Physikdidaktik. Kiel (IPN, 145).
- Krüger, Dirk (2014): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Hg. v. Ilka Parchmann und Horst Schecker. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Labudde, Peter (2000): Lehrpersonen auf dem Weg zu einem geschlechtergerechten Physikunterricht. In: *Bildung und Erziehung* 3 (53), S. 307–320.
- Lamnek, Siegfried (1995): Qualitative Sozialforschung. Band 1 Methodologie. 3. korrigierte Auflage. 2 Bände. Weinheim [u.a.]: Beltz (1).
- Lamnek, Siegfried (1995): Qualitative Sozialforschung. Band 2 Methoden und Techniken. 3. korrigierte Auflage. 2 Bände. Weinheim [u.a.]: Beltz (2).
- Langlet, Jürgen (1999): "Bei Kartoffel denken wir nur an Stärke". Das Beharren auf Konzepten: ein Beispiel aus der Praxis. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5, S. 51–56.
- Lengert, Rudolf (1985): Verstehen und Mißverstehen in der pädagogischen Interaktion. In: *Bildung und Erziehung* 4 (38), S. 411–413.
- Lesch, Harald 1960 (Hg.) (2010): Astronomie. Die kosmische Perspektive. Unter Mitarbeit von Jeffrey O. 1958 Bennett. 5., aktualisierte Aufl. München [u.a.]: Pearson Studium (ph - Physik).
- Mayring, Philipp (1993): Einführung in die qualitative Sozialforschung. 2. Auflage. Weinheim: Beltz.
- Mayring, Philipp (2008): Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse. 2., neu ausgestattete Aufl. Weinheim [u.a.]: Beltz (Beltz Pädagogik).
- Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim [u.a.]: Beltz (Beltz Pädagogik).
- Meschede, Dieter (2010): Gerthsen Physik. Unter Mitarbeit von Dieter Meschede. 24., überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch, 0).
- Müller, R.; Wiesner, H. (2011): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. 3. unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl.
- Müller, R.; Wodzinski, R.; Hopf, M. (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik.

- Neumann, Susanne (2013): Schülervorstellungen zum Thema Strahlung. Ergebnisse empirischer Forschung und Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Wien.
- Nieswandt, Martina (2001): Von Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten: Lernwege von Schülerinnen und Schüler und Schülern im einführenden Chemieunterricht. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 7, S. 33–52.
- Ormanci, Ümmühan; Sasmaz-Ören, Fatma (2011): Assessment of concept cartoons: an exemplary study in scoring. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 15, S. 3582–3589.
- Paul Scherrer Institut (2014). Online verfügbar unter https://www.psi.ch/ilab/InformationsmaterialDE/Vakuum-Experiment_2014.pdf.
- Petri, Jürgen; Niedderer, Hans (1998): Die Rolle des Weltbildes beim Lernen von Atomphysik. Eine Fallstudie zum Lernpfad eines Schülers. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4 (3), S. 3–18.
- Porst, R. (2014): Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. 4. Edition. Wiesbaden: Springer.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. (1982): Accomodation of a scientific conception. Towards a theory of conceptual change. In: *Science education* 66 (2), S. 211–227.
- Raithel, J. (2008): Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs. 2. Edition. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rost, Jürgen (1998): Drei Thesen zum Konzept qualitativer Forschungsmethoden. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4, S. 35–42.
- Schmidt, S.; Parchmann, I. (2011): Schülervorstellungen. Lernhürde oder Lernchance. In: *Praxis der Naturwissenschaft* 60 (3), S. 15–19.
- Schweiger, Teresa; Hascher, Tina (2009): Geschlecht, Bildung und Kunst. Unter Mitarbeit von Teresa Schweiger und Tina Hascher. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden (Chancengleichheit in Unterricht und Schule).
- Sommer, Cornelia (2002): Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen – eine Untersuchung von Schülervorstellungen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 8, S. 69–84.
- Stork, Heinrich (1995): Was bedeuten die aktuellen Forderungen "Schülervorstellungen berücksichtigen, 'konstruktivistisch' lehren!" für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I? Herrn Professor Helmut Wenck zum 60. Geburtstag gewidmet. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, S. 15–28. Online verfügbar unter ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/1995/S.15-28_Stork_95.pdf.
- Sumfleth, Elke; Pitton, Anja (1998): Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht. Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4 (2), S. 4–20.
- Temechegn, E.; Sileshi, Y. (2004): Concept cartoons as a strategy in learning, teaching and assessment in chemistry. Addis Ababa, Ethiopia: University Print.
- Tipler, Paul Allen 1933 (1998): Physik. Unter Mitarbeit von Dieter Gerlich. 1. Aufl., 2. korr. Nachdr. Heidelberg [u.a.]: Spektrum, Akad. Verl. (Spektrum-Lehrbuch).
- Trumper, Ricardo: A Cross-College Age Study of Science and Nonscience Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts in Preservice Training for High-School Teachers. In: *Journal of Science Education and Technology*, 2001, Vol. 10(2), p.189-95, S. 189.

- Trumper, Ricardo: Teaching Future Teachers Basic Astronomy Concepts--Sun-Earth-Moon Relative Movements—at a Time of Reform in Science Education. In: *Research in Science & Technological Education*, 2006, Vol. 24(1), p. 85-109, S. 85.
- UNICEF; Centre for Children and Young People; Southern Cross University; Childwatch International Network; University of Otago (2013): Ethical research involving children.
- University of Colorado: Science Literacy Maps. Strand Maps - Galaxies and the Universe. Unter Mitarbeit von Digital Learning Sciences und National Science Foundation. Colorado. Online verfügbar unter <http://strandmapS.dls.ucar.edu/index.html?id=SMS-MAP-1300>.
- University of Colorado: Science Literacy Maps. Strand Maps - Solar System. Unter Mitarbeit von Digital Learning Sciences und National Science Foundation. Colorado. Online verfügbar unter <http://strandmaps.dls.ucar.edu/index.html?id=SMS-MAP-1282>.
- University of Colorado: Science Literacy Maps. Strand Maps - Stars. Unter Mitarbeit von Digital Learning Sciences und National Science Foundation. Colorado. Online verfügbar unter <http://strandmaps.dls.ucar.edu/index.html?id=SMS-MAP-1292>.
- Unsöld, Albrecht; Baschek, Bodo (2005): Der neue Kosmos. 7. Aufl.; 1. Korrigierter Nachdruck. Berlin [u.a.]: Springer.
- Voigt, Hans-Heinrich 1921 (2012): Abriss der Astronomie. Unter Mitarbeit von Hermann-Josef Röser. 6., wesentl. überarb. und erw. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH.
- Wiesner, H. (2008): Physikunterricht. An Schülervorstellungen orientiert. In: *Praxis der Naturwissenschaft* 57 (6).
- Wiesner, Hartmut, 1944- (1994): Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. In: *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik* 5 (22), S. 7–15.
- Wiesner, Hartmut, 1944- (1995): Physikunterricht - an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. In: *Unterrichtswissenschaften, Zeitschrift für Lernforschung* 23 (2), S. 127–145.
- Wiesner, Hartmut, 1944- (Hg.) (2011): Physikdidaktik kompakt. Unter Mitarbeit von Schecker, Horst, 1955- und Martin Hopf. Freising: Aulis-Verl.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das H-R-Diagramm stellt die unterschiedlichen Stadien der Sterne in Abhängigkeit ihrer absoluten Leuchtkraft und ihrer Oberflächentemperatur dar.	5
Abbildung 2: Schematischer Aufbau der Sonne.	7
Abbildung 3: Der dunkle Teil der Sonnenoberfläche stellt einen Sonnenfleck dar. Um den Sonnenfleck kann die sogenannte Granulation der Sonnenoberfläche betrachtet werden.	11
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Sonnenflecken und der bogenförmigen Protuberanzen.	12
Abbildung 5: Eruptive Protuberanz mit Bogenform.	13
Abbildung 6: Bild von „ruhenden“ Protuberanzen.	13
Abbildung 7: Schematischer Ablauf der Kernfusion im Sonneninneren.	15
Abbildung 8: Schematische Darstellung des „Hermeneutischen Zirkels“ oder auch als „Zirkel des Verstehens des Verstehens“ bezeichnet.	28
Abbildung 9: Ergebnisse der internationalen ROSE-Studie zur Beliebtheit von naturwissenschaftlichen gegenüber anderen Unterrichtsfächern für 15-jährige Schülerinnen und Schüler. Die blauen Punkte stellen die männlichen Befragten und die roten die weiblichen dar.	36
Abbildung 10: Beispiel eines Concept Cartoons zum Thema Wärmelehre und Aggregatzustände.	45
Abbildung 11: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum ersten Concept Cartoon.	63
Abbildung 12: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur ersten Frage der Concept Cartoons.	63
Abbildung 13: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum zweiten Concept Cartoon.	66
Abbildung 14: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur zweiten Frage der Concept Cartoons.	67
Abbildung 15: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum dritten Concept Cartoon.	70
Abbildung 16: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur dritten Frage der Concept Cartoons.	70
Abbildung 17: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum vierten Concept Cartoon.	73
Abbildung 18: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur vierten Frage der Concept Cartoons.	74
Abbildung 19: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum fünften Concept Cartoon.	76
Abbildung 20: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur fünften Frage der Concept Cartoons.	77
Abbildung 21: Statistische Auswertung nach den vier verschiedenen Untersuchungsklassen zum sechsten Concept Cartoon.	80
Abbildung 22: Statistische Auswertung nach dem Geschlecht zur sechsten Frage der Concept Cartoons.	80
Abbildung 23: Schülerzeichnung der Sonne plus einer Skizze einer Photovoltaikanlage eines Schülers in der 3A der Klasse A.	125
Abbildung 24: Schülerinnen und Schülerzeichnung der Sonne plus einer Skizze einer Photovoltaikanlage eines Schülers in der 3C der Stubenbastei.	128
Abbildung 25: Schülerzeichnung der Sonne plus eine Skizze einer Photovoltaikanlage in der 3B der Stubenbastei.	131

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Antworten zu den Concept Cartoons der Pilotierung. Die richtigen Antworten sind in der Klammer angegeben. Die fettmarkierten Punkte stellen eine Diskrepanz zwischen gegebener und richtiger Antwort dar.	55
Tabelle 2: Ergebnisse des Fragebogens. Die Unterpunkte von Aufbau bis zu Phänomene beziehen sich nur auf die Sonne.	57
Tabelle 3: Feedback zu den Concept Cartoons der Pilotierung. W steht für weiblich und M für männlich.	57
Tabelle 4: Codierung der Antworten des Fragebogens für die Auswertung im Statistikprogramm SPSS.	60
Tabelle 5: Codierung der Antworten der Concept Cartoons für die Auswertung im Statistikprogramm SPSS.	60
Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum ersten Concept Cartoon „Ist die Sonne ein Planet oder ein Stern?“. Die Anzahl der Antworten wurden nach der jeweiligen Klasse und dem Geschlecht aufgeschlüsselt. Der erste Teil stellt die Häufigkeiten für die Antworten von Sarah und Violeta dar. Die fehlenden und ungültigen Antworten, sowie jene von Markus wurden hier ausgelassen, da diese, wie in Abbildung 11 ersichtlich, Null ist.	62
Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum ersten Concept Cartoon.	62
Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum zweiten Concept Cartoon „Wie sieht die Oberfläche der Sonne aus?“.	65
Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum zweiten Concept Cartoon.	65
Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum zweiten Concept Cartoon.	66
Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum dritten Concept Cartoon „Was sind die dunklen Flecken („Sonnenflecken“) auf der Sonnenoberfläche?“	68
Tabelle 12: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum dritten Concept Cartoon.	69
Tabelle 13: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum dritten Concept Cartoon.	69
Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum vierten Concept Cartoon „Warum strahlt die Sonne Licht und Wärme ab?“	72
Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum vierten Concept Cartoon.	72
Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum vierten Concept Cartoon.	73
Tabelle 17: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum fünften Concept Cartoon „Wie kommt die Energie und Wärme von der Sonne zu uns auf die Erde?“	75
Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum fünften Concept Cartoon.	75
Tabelle 19: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum fünften Concept Cartoon.	76
Tabelle 20: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum sechsten Concept Cartoon „Was sind das für bogenartige Auswürfe der Sonne?“	78
Tabelle 21: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum sechsten Concept Cartoon.	79
Tabelle 22: Häufigkeitsverteilung der Antworten zum sechsten Concept Cartoon.	79
Tabelle 23: Interpretation der Korrelationskoeffizienten nach Raithel (vgl. Raithel, 2008, S. 154).	89
Tabelle 24: Korrelation zwischen Interesse an Physik und dem Geschlecht. Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS, anhand dessen die beiden Korrelationstests Kendall-Tau-b und Spearman-Rho angewendet wurden.	90
Tabelle 25: Korrelation zwischen Interesse an Physik und dem Geschlecht der Klasse C.	90
Tabelle 26: Korrelation zwischen Interesse an Physik und an Astronomie.	92

Tabelle 27: Korrelation zwischen Interesse an Physik und an Astronomie der Klasse B.	92
Tabelle 28: Korrelation zwischen Interesse an Physik und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene der Klasse A.	94
Tabelle 29: Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene aller Klassen.	95
Tabelle 30: Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene der Klasse D.	95
Tabelle 31: Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Die hier dargestellte Korrelation ist jene der Klasse C.	96

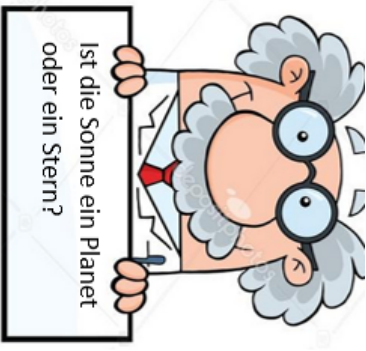
12. Anhang

11.1 Concept Cartoons



Markus

Die Sonne kann kein Stern sein, weil sie der Erde viel zu nahe ist.

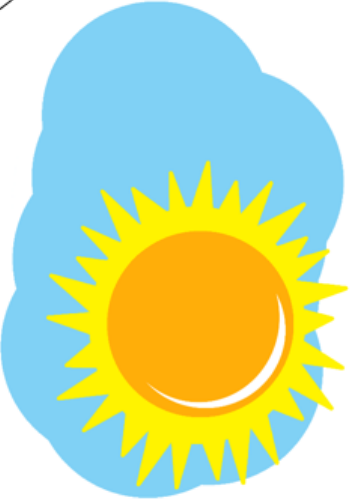


Ist die Sonne ein Planet oder ein Stern?



Sarah

Die Sonne ist ein großer, glühender Planet der uns mit Licht und Wärme versorgt.





Violeta

Die Sonne ist eine Sonne und kein Stern oder Planet. Sterne, Planeten und Sonnen sind unterschiedliche Objekte.



Tom

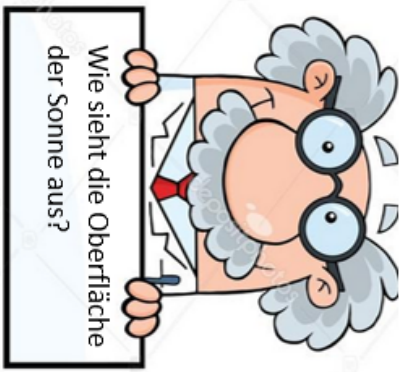
Die Sonne ist ein durchschnittlich großer Stern im Zentrum unseres Sonnensystems ist.

Welcher Aussage eines Schülers/einer Schülerin schließt du dich an? Begründe deine Entscheidung in einem kurzen Satz:



Markus

Die Sonne besteht aus Gestein und die Oberfläche ist so heiß, dass sie schmilzt und aus Lava besteht.



Wie sieht die Oberfläche der Sonne aus?



Violeta

Die Oberfläche der Sonne brennt wie ein Feuer. Das brennbare Material kommt aus dem gasförmigen Sonneninneren an die Oberfläche.



Sarah

Die Sonne ist ein Gasball und ihre Oberfläche ist extrem heiß. Sie besteht aus Gasen wie zum Beispiel Wasserstoff.



Tom

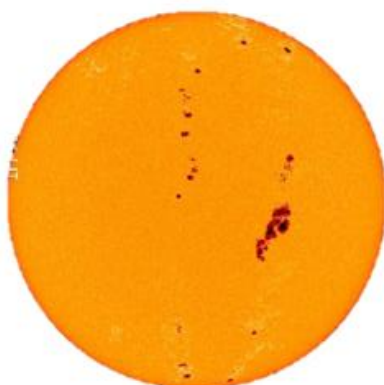
Die Sonne hat einen festen Kern, ihre Oberfläche besteht aber aus brennbaren Gasen, die aus dem Inneren (Kern) kommen und sich entzünden.

Welcher Aussage eines Schülers/einer Schülerin schließt du dich an? Begründe deine Entscheidung in einem kurzen Satz:



Markus

Das sind nur Schatten von anderen Himmelskörpern oder von Wolken in unserer Atmosphäre auf der Sonnenoberfläche.



Violeta

Die Oberfläche der Sonne ist sehr heiß und diese Flecken sind Bereiche wo es ein wenig kühler ist.

Welcher Aussage eines Schülers/einer Schülerin schließt du dich an? Begründe deine Entscheidung in einem kurzen Satz:



Sarah

Diese Flecken sind Verunreinigung, also andere Gase, auf der Oberfläche der Sonne.



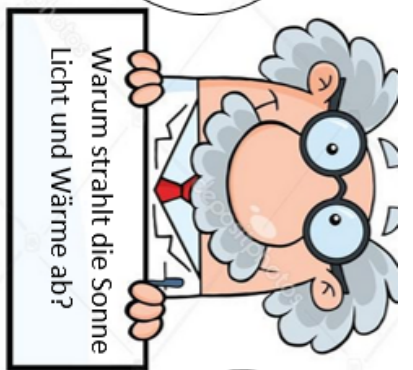
Tom

Bei diesen Flecken handelt es sich um Inseln, genau wie bei uns. Also Gestein das auf der Oberfläche der Sonne schwimmt.



Markus

Die Sonne funktioniert wie ein Ofen. Sie verbrennt Material im Inneren und strahlt die Wärme nach außen hin ab. Wenn das Material verbraucht ist, gibt es kein Licht und keine Wärme mehr.



Warum strahlt die Sonne Licht und Wärme ab?

Im Inneren der Sonne werden durch Kernfusion neue Atome gebildet. Dieser Prozess erzeugt sehr viel Energie, die in Form von Licht und Wärme zu uns auf die Erde kommt.



Sarah



Violeta



Weil die Oberfläche der Sonne brennt ist sie für die Wärme- und Lichtaussendung verantwortlich. Wie bei einem Lagerfeuer wird dadurch Licht und Wärme abgestrahlt.

Welcher Aussage eines Schülers/einer Schülerin schließt du dich an? Begründe deine Entscheidung in einem kurzen Satz:

Tom

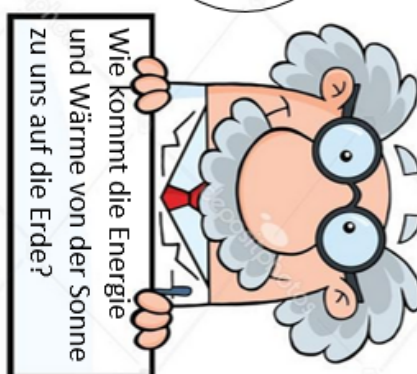


Der feste und glühende Kern der Sonne gibt aufgrund seiner hohen Temperatur nach außen hin Wärmeenergie abgibt. Das ist auch der Grund warum sie leuchtet und Licht aussendet.



Markus

Die Wärmeenergie kommt von der Sonne als Teil des Sonnenlichts zu uns auf die Erde. Sie ist für unser Auge unsichtbar und wird Infrarotstrahlung genannt.



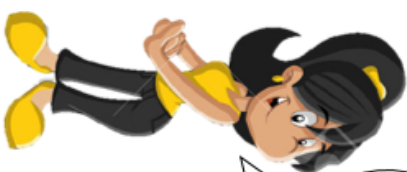
Wie kommt die Energie und Wärme von der Sonne zu uns auf die Erde?

Der Wärmestoff braucht einen Träger um von der Sonne zu uns auf die Erde zu kommen. Die Sonne erwärmt das Weltall um sich herum, dass sich dann bis zur Erde ausbreitet.

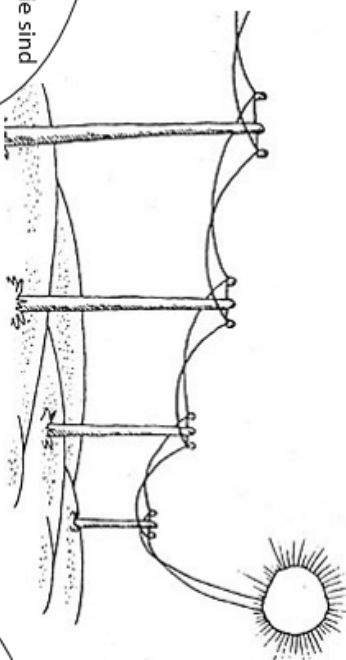


Sarah

Violeta



Licht und die Wärmeenergie sind dasselbe. Das bedeutet, wenn es bewölkt oder Nacht ist, kann kein Licht und somit auch keine Wärme von der Sonne zu uns auf die Erde kommen.



Die Sonne funktioniert wie eine Glühbirne. Sie ist so heiß, dass es nur in ihrer nahen Umgebung warm ist. Die Reichweite ist beschränkt.



Tom

Welcher Aussage eines Schülers/einer Schülerin schließt du dich an? Begründe deine Entscheidung in einem kurzen Satz:



Markus

Das sind sogenannte Protuberanzen. Das sind starke Materieausstöße, die durch das Magnetfeld der Sonne entstehen und den magnetischen Feldlinien folgen.



Bei diesen Bögen handelt es sich um eine Art Entsorgungsmöglichkeit der Sonne. Dabei wird überschüssiges Material in den Weltraum abgestoßen.



Sarah



Violeta

Es handelt sich dabei nicht um überschüssiges Material, sondern um verbrauchte Materie. So wie man bei einem Ofen die übriggebliebenen Kohlestücke oder Asche wegwirft.

Durch elektrostatische Abstoßung von gleichgeladenen Teilchen entsteht eine solche bogenförmige Auswerfung.

Tom



Welcher Aussage eines Schülers/einer Schülerin schließt du dich an? Begründe deine Entscheidung in einem kurzen Satz:

11.2 Fragebogen

Schülerinnen und Schüler-Fragebogen zur Astronomie im Physikunterricht am Beispiel der Sonne

Zuerst ein paar Information über dich:

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Wie alt bist du? _____ Jahre **In welche Klasse und Schule gehst du?** _____

Im Folgenden ein paar Fragen zu deinem Interesse an den Naturwissenschaften:

Wie sehr interessierst du dich für ...

Physik	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Astronomie	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Naturwissenschaftliche Fernsehsendungen	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Naturwissenschaftliche Bücher	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Unser Sonnensystem	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Die Wechselwirkungen zwischen den Himmelskörpern in unserem Sonnensystem (z.B. Sonne-Erde)	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Den Aufbau der Sonne (z.B. Oberfläche, Temperatur, Kern)	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Das Aussehen der Sonne (z.B. Farbe, Größe, Sonnenflecken, Protuberanzen)	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht
Die Funktionsweise der Sonne (z.B. Erzeugung von Licht und Wärme)	☐ Sehr stark	☐ Stark
	☐ Gering	☐ Gar nicht

Den Transport von Licht und Wärme von der Sonne zu uns auf die Erde	☐ Sehr stark ☐ Gering	☐ Stark ☐ Gar nicht
Das Sonnenlicht (z.B. Zusammensetzung, Farbe)	☐ Sehr stark ☐ Gering	☐ Stark ☐ Gar nicht
Phänomene im Bezug zur Sonne (z.B. Sonnen- und Mondfinsternis)	☐ Sehr stark ☐ Gering	☐ Stark ☐ Gar nicht

Und über deinen Wissenserwerb:

Wie viele Bücher/Zeitschriften über Astronomie/Physik/Raumfahrt/Weltall hast du zu Hause?	☐ keine ☐ 4-6	☐ 1-3 ☐ mehr als 7
Wie oft siehst du dir durchschnittlich naturwissenschaftliche Fernsehsendungen an?	☐ Nie ☐ 3-4-mal/Woche ☐ Jeden Tag	☐ 1-2-mal/Woche ☐ 5-6-mal/Woche
Wie oft benutzt du das Internet um Informationen zu sammeln?	☐ Sehr oft ☐ Wenig	☐ Oft ☐ Nie
Redest du mit deinen Eltern/Familienmitgliedern/Freunden über astronomische Phänomene?	☐ Sehr oft ☐ Wenig	☐ Oft ☐ Nie
Hast du schon einmal ein Planetarium oder eine Sternwarte besucht?	☐ Ja ☐ Nein	

Zum Abschluss noch zwei offene Fragen:

Was bedeutet für dich die Sonne? Welche Stichworte fallen dir spontan zur Sonne ein?

Vielen Dank für deine Mitarbeit!



11.3 Transkripte

Transkription Klasse A²⁶

1. T: Also der Markus hat gesagt, dass diese Auswürfe Protuberanzen heißen und dass sie aufgrund des Magnetfelds der Sonne entstehen und den Magnetlinien folgen. Habt ihr so etwas schon mal gesehen?
2. Klasse: Ja.
3. T: Im Fernsehen oder?
4. Klasse: Ja.
5. T: Und live? Man kann sie live sehen. Mit einem Sonnenfilter kann man durch ein Teleskop schauen und dann sieht man sie. Jetzt stellt sich die Frage, wie groß glaubt ihr ist so eine Protuberanz?
6. Schülerin 1 (S1): Riesig.
7. T: Was ist riesig?
8. S1: Kilometer lang.
9. T: So groß wie ein Wolkenkratzer oder so groß wie der Mond oder so groß wie die Erde?
10. S1: Wie der Mond.
11. Schüler 2 (S2): Ich glaub, die können sogar die Atmosphäre der Erde erreichen und Schatten anstellen.
12. T: Wie weit ist die Sonne von der Erde entfernt?
13. Klasse: Acht Minuten.
14. T: Jetzt müssen wir es umrechnen. Hat wer eine andere Überlegung wie groß solche Protuberanzen sein können?
15. Schüler 3 (S3): 100 Kilometer.
16. Schülerin 4 (S4): 3 Millionen.
17. T: Es gibt unterschiedliche Größen.
18. Schüler 5 (S5): Wenn man sie von der Erde aus rot sieht, dann sind sie glaub ich näher und blau, wenn sie weiter weg sind, ich weiß es aber nicht genau.
19. T: Ja das ist zwar etwas Anderes, aber es gibt unterschiedliche Größenordnungen bei den Protuberanzen. Ich sag es euch. Wenn es eine große Protuberanz ist, dann würde in diesen Bereich hier (zeigt auf die Skizze einer Protuberanz an der Tafel), zwischen Oberfläche der Sonne und dieser Spitze dieser Auswurf locker vier Mal die Erde reinpassen.
20. Klasse: Wow. Was? Viermal?

²⁶ Bei den Transkripten die in dieser Arbeit angeführt werden, wurden Füll-Wörter und Höflichkeitsfloskeln zugunsten der Lesbarkeit entfernt. Außerdem wurden Anfang und Ende der Plenumsdiskussion ausgelassen.

21. T: Sogar bis zu ungefähr 50.000 Kilometer. Eine andere Frage, ich habe bei den meisten Folien so ein Bild der Sonne gegeben. Ist das für euch akkurat?
22. Schüler 6 (S6): Nein.
23. S4: Nein, weil es so aussieht, als wäre alles fest von der Sonne und nur diese Protuberanzen im Prinzip wären sozusagen aus Gas.
24. T: Wo wären die Protuberanzen?
25. S4: Da außen sozusagen.
26. T: Ok. Andere Überlegungen noch? Würdet ihr die Sonne auch so zeichnen?
27. S6: Nie im Leben.
28. S4: Nein.
29. T: Wie würdet ihr die Sonne zeichnen?
30. S6: Als Kugel.
31. T: Magst du das zeichnen?
32. S6: Ich kann nicht g'scheid malen (malt eine Sonne auf die Tafel, siehe Abbildung 23)



Abbildung 23: Schülerzeichnung der Sonne plus einer Skizze einer Photovoltaikanlage eines Schülers in der 3A der Klasse A.

33. T: Passt, Danke. Also ihr würdet die Sonne ohne diese Strahlen zeichnen? Sehen wir die Sonnenstrahlen?
34. S4: Nein.
35. S6: Ich seh sie. Im Wald, wenn sie so durch die Bäume kommen.
36. T: Die Frage, wenn wir die Sonnenstrahlen nicht sehen, wie kommt dann das Licht und die Wärme von der Sonne auf die Erde? Wenn wir uns das Bild hier mal anschauen. (zeigt Bild auf der Sonne mit Stromkabeln). Habt ihr alle gesehen. Was hält ihr von dieser Idee, dass man die Sonne anzapft?
37. Klasse: Schlecht. Lustig.

38. T: Es sollte ja auch provokativ sein, also man sollte auch darüber reden. Das ist eh ganz gut. Wie würdet ihr das zeichnen?
39. Schüler 7 (S7): Solarzellen.
40. T: Solarzellen. Ok.
41. Schülerin 8 (S8): Also von der Sonne so Strahlen runterzeichnen.
42. Schüler 9 (S9): Irgendwann reisen wir auf die Sonne und bauen dann eben so schwebende Plattformen und so Kraftwerke, die das Licht oder die Wärme anzapfen.
43. T: Und wie bringen wir die dann zu uns auf die Erde?
44. S9: Mit Kabeln, ich habe früher gedacht, dass man Strom mit Internet reservieren kann.
45. T: Also so anzapfen (zeigt auf das Bild) Wie würdet ihr Solarzellen zeichnen? Magst du zeichnen? (S7 geht an die Tafel und zeichnet eine Skizze einer Solarzelle, siehe Abbildung 23)
46. S7: Das ist wo die Solarzellen draufstehen. (zeigt auf einen Teil seines Bildes)
47. T: Ja. Wo findet man bei uns Solarzellen?
48. S7: Am Dach.
49. T: Am Dach, ja.
50. S9: In der Wüste.
51. S7: Das sieht irgendwie wie ein Tisch aus.
52. T: Ich glaub man kann es sich ganz gut vorstellen. Hat es für euch irgendwie Probleme gegeben mit Wörtern oder Fragen?
53. S4: Ja ich habe alles falsch.
54. Schülerin 10 (S10). Ja die letzte Frage.
55. T: Die letzte Frage, warum? Waren die Wörter schwierig? War die Protuberanz schwierig für euch?
56. S7: Nein.
57. T: Waren die Fragestellungen zu leicht, zu schwer?
58. Klasse: Genau richtig.
59. T: Gibt es noch Fragen, Anmerkungen von euch?
60. Schüler 11 (S11): Worum geht es in der Diplomarbeit?
61. T: Eine spannende Frage, die vielleicht alle interessiert um was es in der Diplomarbeit überhaupt geht. Also ihr habt jetzt diese Sachen ausgefüllt mit möglichst wenig bis gar kein Vorwissen zur Sonne. Ich untersuche was ihr für Vorstellungen zur Sonne habt bevor ihr euch damit in der Schule befasst. Anhand dieser Vorstellungen kann man dann den Physikunterricht adäquat anpassen und man sagt ok, ihr denkt die Sonne ist kein Stern, sondern ein Planet oder eine Sonne zum Beispiel. Dann kann ich das in den Unterricht einbauen und richtig darauf reagieren. Wenn ihr alle denkt, die Sonne ist ein fester Körper

und besteht nicht aus Gasen, dann kann ich das in meinen Unterricht einbauen und kann das so hinbiegen, dass es für euch weniger Lernschwierigkeiten ergibt.

Transkription Klasse B

1. Tobias Pfoser (T): Was ist für euch an dem Ganzen hängengeblieben oder was waren die Schwierigkeiten für euch? Bitte? (zeigt auf einen Schüler)
2. Schüler 1 (S1): Manche Begriffe.
3. T: Manche Begriffe, ok. Welche Begriffe?
4. S1: Dieses äh ...
5. T: Die Protuberanzen oder ...
6. S1: Ja genau.
7. T: Die Protuberanzen waren schwierig, ok. Andere Wörter, die vielleicht Probleme bereitet haben? Jemand schon mal was von Sonnenflecken gehört?
8. Klasse: Ja. Nein.
9. T: Ja? Nein? Habt ihr vielleicht andere Fragen, die ihr über die Sonne stellen würdet? Die euch interessieren würden über die Sonne? Keiner?
10. Lehrerin (L): Aufwachen Leute.
11. T: Es ist zwar die erste Stunde, aber ... Wie sieht es aus bei den Zeichnungen, die ihr hier seht, vor allem bei den meisten war ja so eine Sonne im Mittelpunkt (zeigt der Klasse die Unterlagen). War das für euch selbstverständlich, dass die Sonne so aussieht, oder eher wie auf der dritten Folie? (zeigt das Bild der Sonne mit den Sonnenflecken)
12. Klasse: Eher so. (zeigen auf das Bild mit den Sonnenflecken)
13. T: Ok. Wenn ihr an einem schönen Sommertag mal zufällig in die Sonne schaut, hoffentlich nicht zu lange sonst seht ihr dann gar nix mehr, aber schaut die Sonne dann so aus (Bild der Sonnenflecken) oder so mit Strahlen?
14. Klasse: Eher so. (zeigt auf das Bild mit den Sonnenflecken)
15. T: Eher das hier. (zeigt auf das Bild mit den Sonnenflecken)
16. Klasse: Ja.
17. T: Ok. Hab schon andere Erfahrungen gemacht. Nein das ist vollkommen korrekt, da habt ihr absolut Recht, die Sonne schaut so aus. Wenn man einfach nur einen gelben Ball hinmalen würde, würdet ihr es wahrscheinlich auch erkennen, aber das ist wesentlich charakteristischer für die Sonne.
18. L: Denkt mal dran, wie würdet ihr eine Sonne zeichnen. Wie schaut denn das aus? Wer traut sich mal eine Sonne zu zeichnen? Marie, probier mal eine Sonne zu zeichnen, da vorne ist der Stift.

19. Schülerin 2 (S2): Also auf einem Blatt Papier macht man die meistens so in die Ecke. (zeichnet eine Sonne auf die Tafel)

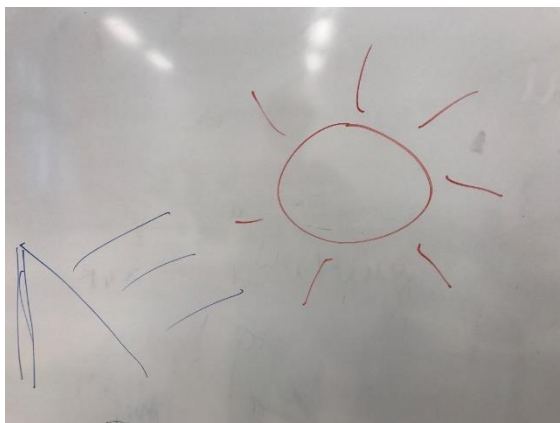


Abbildung 24: Schülerinnen und Schülerzeichnung der Sonne plus einer Skizze einer Photovoltaikanlage eines Schülers in der 3C der Stubenbastei.

20. L: Das ist so grundsätzlich das Bild, dass sich Viele schnell vorstellen können eine Sonne zu zeichnen. Wer hat so schon mal eine Sonne gezeichnet? (Schülerinnen und Schüler zeigen auf)
21. T: Also eigentlich alle.
22. L: Spitze.
23. Schüler 3 (S3): Aus dem Kindergarten.
24. T: Was symbolisieren denn die Striche (bei der Sonnenzeichnung) für euch?
25. Schülerin 5 (S5): Die Infrarotstrahlen.
26. T: Die Infrarotstrahlen? Auch die Infrarotstrahlen? (zeigt auf einen anderen Schüler) Jetzt steht hier aber im Text, dass die Infrarotstrahlen nicht sichtbar sind für unser Auge. Also ihr macht da einfach gleich automatisch im Kopf den Gedankenprozess weiter und „macht“ Infrarotstrahlen. Habt ihr Fragen an mich?
27. Schüler 6 (S6): Ich habe noch ein Blatt.
28. T: Du hast noch ein Blatt. Das ist gut, Danke. Ist ein guter Hinweis.
29. L: Vielleicht gibt es Fragen zu der Sonne und den Stromkabeln? Es ist lange her, dass wir darüber gesprochen haben. Wo kommt der Strom denn her?
30. T: Was sagt ihr zu dieser Zeichnung? (zeigt das Bild der Sonne mit den Stromkabeln) Genauso?
31. Klasse: Nein.
32. T: Heißt was? Nicht gut? Wie würdest du das anders zeichnen? Hast du eine Idee?
33. Schüler 7 (S7): Solarzellen?
34. T: Ok.

35. L: Eine Solarzelle. Wie zeichnet man denn eine Solarzelle? Wer traut sich das zu Zeichnen? Schwieriger oder? Magst probieren? (Schüler geht an die Tafel und zeichnet eine Solarzelle zur Sonne dazu, siehe Abbildung 24) Genau und was zeichnest du da gerade? Erklär es ein bisschen, für die die es nicht wissen.
36. Schüler (S8): Also man sieht es von der Seite. Also das ist so eine Stütze.
37. L: Hast du schon mal eine in echt gesehen?
38. S8: Ja. Meistens auf Hausdächern.
39. L: Ok.
40. T: Und was ist das hier dann? (zeigt auf die schräge Fläche)
41. S8: Die Solarfläche.
42. T: Sehr gut, danke schön. Gibt es Ergänzungen zu den beiden Bildern? Anmerkungen? Wie groß glaubt ihr ist so eine Protuberanz? Hat wer eine Idee?
43. L: Wie groß könnte die sein, was glaubt ihr?
44. T: Größenordnungsmäßig?
45. L: Kann man sich da reinstellen oder ist die ganz klein?
46. T: Passt da ein Hochhaus rein oder passt da der Mond rein? Wer ist für kleiner als der Mond? (Schülerinnen und Schüler zeigen auf). Und wer ist für größer als der Mond? (Schülerinnen und Schüler zeigen auf) Eindeutig, sechs, sieben Leute sind für größer als der Mond. Die haben Recht. Es gibt natürlich unterschiedliche Größen von diesen Protuberanzen, aber sie können so groß werden, dass sie eine Distanz von 100.000 Kilometer haben. Also die Entfernung von der Sonnenoberfläche bis zu dieser Spitze.
47. L: 100.000 Kilometer. Da müsste man ziemlich lange gehen.
48. T: Das heißt, die Erde würde locker vier Mal reinpassen. Also du kannst die Erde vier Mal stapeln dann würdest da raufkommen. Das ist schon ganz schön groß. Hat jemand von euch schon mal eine gesehen in einem Teleskop?
49. L: Hat von euch grundsätzlich schon mal jemand durch ein Teleskop geschaut?
50. T: Wie viele sind das? (zählt grob durch) Hälfte ungefähr. Du hast eines zu Hause?
51. Schüler 9 (S9): Ja, also nicht direkt. Die Leute, die in meinem Haus wohnen, haben eines.
52. T: Und sieht man am Wiener Nachhimmel was oder tagsüber? Hast schon mal tagsüber geschaut?
53. S9: Tagsüber nicht.
54. T: Ist ja normalerweise auch eine Beschäftigung für die Nacht. Sonnenbeobachtung ist zwar wichtig, aber es wird seltener darüber geredet. Also das hat noch keiner gesehen von euch. Müsst mal zum Planetarium gehen oder zur Urania Sternwarte, die machen das. Die haben einen speziellen Filter, sodass man in die Sonne schauen kann und dann kann man sich diese Protuberanzen auch anschauen. Gibt's sonst noch etwas von eurer Seite, dass ihr mir mitteilen möchtet?

55. L: Oder irgendeine spannende Frage, weil immerhin ist ein neuer Mensch dort vorne, irgendetwas das euch interessiert zu dem ganzen Prozess? Was wird mit euren Dingen geschehen, die ihr hier jetzt angegeben habt. Nein interessiert euch das nicht?
56. T: Anscheinend haben sie genug Vertrauen in mich.
57. L: Ausgezeichnet. Gut.
58. T: Dann vielen Dank nochmal! (teilt die Elterninformationen aus)
59. Schülerin 10 (S10): Wohin kommen die Fragen?
60. L: Ja, wohin kommen die Fragen. Nochmal aufpassen.
61. T: Das ist vielleicht für alle sehr wichtig.
62. L: Oskar bitte noch aufpassen.
63. T: Diese Fragen, die ihr mir gerade beantwortet habt, werden selbstverständlich alle anonym behandelt, also es gibt keine Referenzen dazu, wer was geschrieben hat. Diese Unterlagen, die ihr mir ausgefüllt habt, dienen jetzt dazu, dass ich meine Diplomarbeit in Physik schreibe. Das Thema ist Schülervorstellungen zur Sonne. Das heißt, was habt ihr für Alltagsvorstellungen zur Sonne, bevor ihr in der Schule damit konfrontiert werdet. Und dadurch, dass ihr die mir jetzt ausgefüllt habt, werde ich mir die jetzt zu Hause anschauen, wer welche Antwort getippt hat. Da gibt es dann Häufigkeitsverteilungen, zehn Personen haben bei der ersten Frage Tom gesagt, fünf Personen haben Sarah gesagt und so weiter. Und dann sind vielleicht auch noch eure Begründungen ganz spannend die ihr dazugeschrieben habt. Damit bekomme ich noch Hintergrundinformationen, warum ihr diese Antwort gewählt habt. Habt ihr das gewusst vorher, hat euch das wer erzählt oder ist es geraten. Beantwortet das deine Frage?
64. S10: Ja danke.
65. L: Alle diese Fragen sind natürlich legitim, weil manchmal ratet man, weil man noch keine Ahnung hat und noch nichts davon gehört hat. Bitte diese Zettel alle mitnehmen.

Transkription Klasse C

Aufgrund von zwei Physikprüfungen wurde zwar mit den Schülerinnen und Schüler im Plenum über die Sonne geredet, diese Diskussion aber nicht aufgenommen. Um genauere Informationen zu ihren naturwissenschaftlichen Interessen und dem Fragebogen zu bekommen, habe ich sie nach den Fernsehsendungen befragt. Die meisten Schülerinnen und Schüler haben die Sendungen „Universum“ und „National Geographic“ angegeben. Auch die Sendung „Galileo“ stand bei den Schülerinnen und Schüler ganz weit oben, auf die sie aber eher vergessen hätten und somit bei dem Fragebogen anders geantwortet hätten. Ebenfalls habe ich die Schülerinnen und Schüler gefragt, welche Planetarien oder Sternwarten sie denn schon besucht hätten.

Die Antworten bezogen sich nur auf Wien, unter anderem die „Kuffner Sternwarte“, das Planetarium im Prater und die „Urania Sternwarte“. Der Vollständigkeit halber wollte ich auch wissen, über welche astronomischen Phänomene die Schülerinnen und Schüler zu Hause mit ihren Eltern und Freunden reden. Die häufigsten Antworten waren: Sonnenfinsternis, Vollmond und Sternschnuppen. Diese detailliertere Befragung des Fragebogens wurde wie oben schon erwähnt nicht aufgezeichnet aber gleich nach der Stunde schriftlich festgehalten. Da ich diesen Vorgang im Akademischen Gymnasium wiederholt habe und schon eine Klasse in der Stubenbastei untersucht habe, gehe ich von der Annahme aus, dass die Antworten ähnlich, wenn nicht gleich ausfallen würden. Die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse haben ebenfalls eine Sonnenzeichnung an der Tafel angefertigt, die in der Abbildung 25 dargestellt wird.

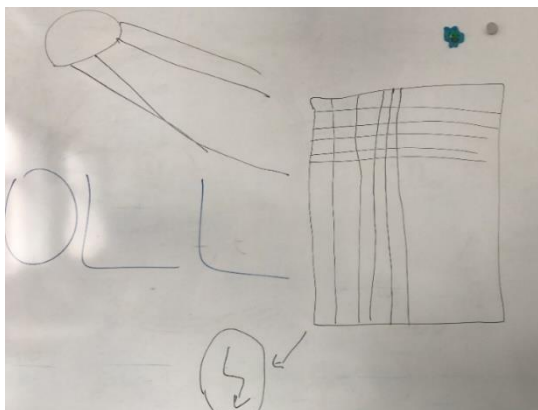


Abbildung 25: Schülerzeichnung der Sonne plus eine Skizze einer Photovoltaikanlage in der 3B der Stubenbastei.

Transkription Klasse D

Wie in der 3B der Schule Stubenbastei wurde auch hier keine Audioaufnahme durchgeführt. Der Grund hierbei war die fehlende Mitteilung an die Eltern der betroffenen Klasse. Deshalb habe ich mich dazu entschlossen, die Plenumsdiskussion zu den Concept Cartoons über die Sonne nicht aufzunehmen.

11.4 Auswertungen mit SPSS

Die Fälle A, B, C und D stellen die vier unterschiedlichen Klassen dar und stimmen mit der Codierung bei den Auswertungen überein.

Concept Cartoon 1

Fall	Geschlecht	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
A	M	1	Sonne hat gleiche Fähigkeiten wie andere Sterne in der Milchstraße	Sonne ist gleich Stern	Sonne ist ein Stern, weil: - sie selbstleuchtend ist und wärmt - die Antwort schon einmal gehört/gelernt wurde - Sterne glühen/brennen - Sie aus Gas besteht - es logisch ist
A	M	2	Sterne sind selbstleuchtend und Planeten nicht	Sterne sind selbstleuchtend, Planeten nicht	
A	M	3	Planeten kreisen um die Sonne, Sonne ist ein glühender Stern	Sonne ist glühender Stern, Planeten kreisen um Sonnen	Sonne ist kein Stern, weil: - sie viel zu nah ist - Sonnen, Planeten und Sterne drei unterschiedliche Kategorien sind
A	M	4	Sonne ist ein Stern, nur Sterne senden Licht und Wärme ab, Planeten nicht	Sonne ist ein Stern der leuchtet und wärmt, Planeten nicht	
A	M	5	schon gehört	schon gehört	Sonne kann kein Planet sein, weil: - Planeten nicht selbstleuchtend sind und wärmen - Planeten um Sonnen kreisen - Planeten fest sind und Sonnen nicht - Planeten nicht glühen
A	M	6	gelesen, dass alle Sterne einmal implodieren werden und die Sonne in ein paar Milliarden Jahren auch implodieren wird	Sterne implodieren, Sonne auch --> Sonne ist ein Stern	

A	M	7	Sonne ist näher an unseren Planeten, wenn man im Weltall von unserem Sonnensystem in Richtung eines Sterns wegfliet ist die Sonne auch ein Stern wie jeder andere	nur beim Verlassen unseres Sonnensystems ist die Sonne ein Stern, ansonsten zu nahe	
A	M	8	auch andere Sterne in der Mitte eines Sonnensystems, jede Sonne ist ein Stern, aber ein Stern nur dann eine Sonne, wenn sie in der Mitte eines Sonnensystems ist	jede Sonne ist ein Stern aber Sterne nur dann Sonnen, wenn sie im Zentrum eines Sonnensystems sind	
A	M	9	bei Galileo gesehen	schon gehört	
A	M	10	missing	missing	
A	M	11	Sonne ist ein brennender Gasball und das ist die ähnlichste Antwort	Sonne ist ein brennender Gasball	
A	M	12	gibt Sonnen, Planeten und Sterne	Unterschied Sonnen, Planeten und Sterne	
A	M	13	alle Planeten um unsere Sonne kreisen und weiß, dass so die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, Planeten kreisen um Sonne	
A	M	14	Sonne versorgt uns mit Licht und Wärme, deshalb ist die Aussage richtig	Sonne versorgt uns mit Licht und Wärme	
A	M	15	vom Wissen her	Vorwissen	
A	W	16	jeder Stern glüht, die Sonne aber der Stern der am nächsten ist, wodurch wir die Sonne stärker sehen (in der Schule gelernt)	Sterne glühen, Sonne ist der nächste Stern	
A	W	17	in Biologie gelernt	schon gelernt	
A	W	18	Sterne sind glühende, aus Gas bestehende "Dingsda", so wie unsere Sonne	Sonne ist ein Stern, glühender Gasball	
A	W	19	Sonne wie ein Stern brennt, irgendwann verglüht oder explodiert, im Gegensatz zu Planeten hat die Sonne keinen festen Boden, sondern brennt	Sonne ist ein Stern der brennt, irgendwann verglüht und dann explodiert, Sonne ist nicht fest	
A	W	20	missing	missing	
A	W	21	weil ein Planet nicht glühen beziehungsweise leuchten kann	Planet kann nicht glühen und leuchten	
A	W	22	einzige logische Antwort	logische Antwort	

A	W	23	mehrere Sonnen und Sterne im Universum, beides wird immer getrennt genannt, daher sind Sonnen Sonnen	Sonnen sind Sonnen	
A	W	24	schon gehört	schon gehört	
B	M	25	Sonne besteht aus Gasen, genauso wie ein Stern	Sonne ist ein Stern, weil aus Gasen besteht	Sonne ist ein Stern, weil: - sie aus Gasen besteht - es logisch ist - aufgrund des Ausschlussverfahrens - schon gehört wurde - aufgrund von Vorwissen - kein Planet sein kann - sie nicht fest ist - Licht und Wärme aussendet - Planeten um sie kreisen - im Zentrum unseres Sonnensystems ist - ein Fixstern ist
B	M	26	macht am meisten Sinn	logisch	
B	M	27	anderen Antworten sind falsch	Ausschlussverfahren	Sonne ist kein Stern, weil: - sie größer als die anderen Planeten ist - sie eine Sonne ist - sie der Erde viel zu nah ist
B	M	28	schon gehört	schon gehört	
B	M	29	Sonne ist sehr groß und um einiges größer als die anderen Planeten	Sonne ist größer als anderen Planeten	
B	M	30	Sonne ist ein Fixstern	Sonne ist ein Fixstern	
B	M	31	falls Sonne ein Planet oder ein Stern wäre, wäre sie viel zu nah an der Erde	Sonne ist eine Sonne, weil sie der Erde zu nah ist	
B	M	32	logischste Antwort und kein anderer hatte die Meinung	logisch	
B	M	33	alle Aussagen der anderen sind falsch, Sonne ist ein großer Stern	Sonne ist ein Stern, Ausschlussverfahren	
B	M	34	gibt größere als auch kleinere Sterne als unsere Sonne, somit ist unsere Sonne Durchschnitt und im Zentrum ist sie auch	Sonne ist ein Stern, im Zentrum unseres Sonnensystems	
B	M	35	Sonne ist ein Stern, bei einem Stern ist es egal wo er liegt	Sonne ist ein Stern, egal wo	
B	M	36	Sonne ist ein Stern	Sonne ist ein Stern	
B	M	37	Sonne ist ein großer Stern	Sonne ist ein Stern	

B	W	38	Sonne ist kein Planet, sondern ein Stern, weil die anderen Planeten um sie kreisen = sie steht im Mittelpunkt (nicht durchschnittlich groß, sondern sehr groß)	Sonne ist ein Stern, weil Planeten um sie kreisen	
B	W	39	hat recht und anderen sind falsch	Ausschlussverfahren	
B	W	40	Sonne ist ein Stern im Sonnensystem und sendet Licht und Wärme aus	Sonne ist ein Stern und sendet Licht und Wärme aus	
B	W	41	Sonne ist ein durchschnittlich großer Stern	Sonne ist ein Stern	
B	W	42	Sonne aus Gas und Sterne aus Gas	Sonne ist ein Stern, weil sie aus Gas besteht	
B	W	43	Sonne hat keinen richtigen festen Körper wie ein Planet	Sonne ist ein Stern, weil sie nicht fest ist	
B	W	44	stimme dieser Aussage zu	Vorwissen	
B	W	45	Aussage ist richtig	Vorwissen	
B	W	46	Sonne ist ein Stern	Sonne ist ein Stern	
B	W	47	Sonne ist kein Planet	Sonne ist kein Planet	
B	W	48	wurde so erklärt	schon gehört	
B	W	49	wurde so erklärt	schon gehört	
C	M	50	die Sonne ist tatsächlich ein großer Planet der uns mit Licht und Wärme versorgt	Sonne ist ein Planet der uns mit Licht und Wärme versorgt	Sonne ist ein Stern, weil: - die anderen Antworten ausgeschlossen werden konnten - sie fix im Zentrum unseres Sonnensystems ist - schon gehört wurde - geraten wurde - aufgrund von Vorwissen - es logisch klingt - sie uns mit Licht und Wärme versorgt - sie glüht und deshalb kein Planet sein kann
C	M	51	Sonne steht auf einem konstanten Punkt, ein Stern besteht aus festem Stoff, während die Sonne vor allem aus Plasma besteht	Sonne ist fix, Sterne bestehen aus festen Stoffen und Sonne aus Plasma	
C	M	52	Ausschlussverfahren, Sonne ist ein Stern	Sonne ist ein Stern, Ausschlussverfahren	Sonne kann kein Stern sein, weil: - Sie aus Plasma besteht und Sterne aus festen Stoffen - sie ein Planet ist - aufgrund von Vorwissen
C	M	53	ist ein Stern der uns mit Licht und Wärme versorgt	Sonne ist ein Stern der uns mit Licht und Wärme versorgt	

C	M	54	aus der Volksschule gelernt	schon gehört	
C	M	55	ist sich sicher	Vorwissen	
C	M	56	geraten	geraten	
C	M	57	weiß es, dass die Sonne ein Stern ist, Sterne sind vielleicht glühende Gasbälle?	Sonne ist ein Stern	
C	M	58	Sonne ist ein Stern im Sonnensystem	Sonne ist ein Stern	
C	W	59	die Sonne ist ein Stern und sich im Zentrum unseres Sonnensystems befindet	Sonne ist ein Stern im Zentrum unseres Sonnensystems	
C	W	60	Sonne ist ein Stern und im Mittelpunkt steht	Sonne ist ein Stern im Mittelpunkt unseres Sonnensystems	
C	W	61	Antwort klingt am richtigsten/geraten	logisch, geraten	
C	W	62	weiß es	Vorwissen	
C	W	63	Sonne befindet sich tatsächlich im Zentrum unseres Sonnensystems und ist ein Stern, kein Planet der einfach nur glüht und die Sonne ist nicht einfach eine Sonne	Sonne ist ein Stern im Zentrum unseres Sonnensystems	
C	W	64	Sonne ist kein Planet, sondern ein großer Stern	Sonne ist ein Stern	
C	W	65	in einer Doku gehört	schon gehört	
C	W	66	Sonne ist ein Planet, wusste schon länger	Sonne ist ein Planet, Vorwissen	
C	W	67	einzige Aussage, welche besagt, dass die Sonne ein Stern ist	Ausschlussverfahren	
C	W	68	Sonne kann kein Planet sein, da sie im Vergleich zu den anderen Planeten eine glühende Oberfläche hat	Sonne kann kein Planet sein, da sie glüht	
C	W	69	schon einmal gehört	schon gehört	
C	W	70	schon einmal gehört, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gehört	
C	W	71	Sonne ist ein Stern	Sonne ist ein Stern	

D	M	72	immer erklärt bekommen hat, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gehört	Sonne ist ein Stern, weil: - schon in verschiedenen Medien gehört, gelesen und gelernt wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens die anderen Antworten weggefallen sind - aufgrund von Vorwissen - es logisch klingt - aufgrund von Alltagserfahrungen - ein Planet nicht im Zentrum unseres Sonnensystems sein kann
D	M	73	weiß es	Vorwissen	
D	M	74	weiß, dass die Sonne uns mit Licht und Wärme versorgt	Vorwissen	
D	M	75	missing	missing	
D	M	76	in der Schule gelernt, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gelernt	
D	M	77	schon oft gelesen, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gelesen	
D	M	78	Sonne ist ein Stern und im Zentrum unseres Sonnensystems liegt	Sonne ist ein Stern im Zentrum unseres Sonnensystems	
D	M	79	die anderen drei keinen Sinn ergeben	Ausschlussverfahren	
D	W	80	spürt die Sonne im alltäglichen Leben	Alltagserfahrungen	
D	W	81	weiß es	Vorwissen	
D	W	82	schon gelernt	schon gelernt	
D	W	83	ein Planet kann nicht im Zentrum unseres Sonnensystems stehen	Planet kann nicht im Zentrum des Sonnensystems stehen	
D	W	84	wurde mal gesagt	schon gehört	
D	W	85	weiß es	Vorwissen	
D	W	86	alle Sterne im Universum Sonnen sind	alle Sterne sind Sonnen	
D	W	87	irgendwo hörte, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gehört	
D	W	88	dieser Satz kommt am sinnvollsten vor	logisch	
D	W	89	Sonne wirklich ein Stern ist	Sonne ist ein Stern	
D	W	90	Allgemeinwissen	Vorwissen	
D	W	91	Sonnen sind Sterne und sie sich im Zentrum unseres Sonnensystems befindet	Sonne ist ein Stern im Zentrum unseres Sonnensystems	

D	W	92	schon oft in Büchern, Zeitungen und im Internet gelesen, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gelesen	
D	W	93	Sonne ist ein Stern, im Planetarium gehört	Sonne ist ein Stern, schon gehört	
D	W	94	schon einmal gehört	schon gehört	
D	W	95	schon mal im Fernsehen gehört habe, dass die Sonne ein Stern ist	Sonne ist ein Stern, schon gehört	
D	W	96	vorstellbar, dass die Sonne ein Stern ist und es wahrscheinlich größere Sterne gibt	Sonne ist ein Stern	

Concept Cartoon 2

Fall	Geschlecht	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
A	M	1	Innere Kern kann kein Gestein sein, da er sonst sofort schmelzen würde	Innerer Kern kein Gestein, da er sonst schmelzen würde	Die Sonne ist ein Gasball, weil: - schon gelernt wurde - schon gehört/gelesen/ gesehen wurde - Ausschlussverfahren angewendet wurde - Geraten wurde - es logisch klingt - weil Gase leichter zu fusionieren sind - sie nicht fest sein kann sonst würde sie schmelzen - weil sie glüht/brennt - weil Wasserstoff vorkommt
A	M	2	Bauchgefühl	Bauchgefühl	
A	M	3	Sonne ist ein glühender Gasball	Sonne ist ein glühender Gasball	
A	M	4	Sonne ist ein riesiger, brennender Gasball und besteht aus Gasen wie Wasserstoff, Oberflächentemperatur beträgt um die 6.000 °C	Sonne ist ein brennender Gasball, an der Oberfläche circa 6.000 °C heiß, besteht aus Gasen z.B. Wasserstoff	
A	M	5	einzigste was möglich ist	Ausschlussverfahren	
A	M	6	Sonne ist nicht fest und besteht aus Gasen	Sonne ist nicht fest, besteht aus Gasen	
A	M	7	Sonne braucht gasförmige Stoffe, weil diese sich leichter kernfusionieren lassen	Sonne braucht Gase, da sie leichter zu fusionieren sind	
A	M	8	schon gehört	schon gehört	
A	M	9	bei Galileo gesehen	schon gesehen	
A	M	10	missing	missing	

A	M	11	gelesen und gut vorstellbar	schon gelesen, logisch	
A	M	12	geraten, hört sich am besten an	geraten, logisch	
A	M	13	alle anderen ausschließen	Ausschlussverfahren	
A	M	14	Sonne ist ein Gasball und ist theoretisch sehr heiß	Sonne ist ein Gasball, theoretisch sehr heiß	
A	M	15	in Biologie gehört	schon gehört	
A	W	16	Sonne besteht aus Lava, gelesen	Sonne besteht aus Lava, schon gelesen	Die Sonne ist fest, weil: - sie aus Lava besteht - geraten wurde
A	W	17	Sonne ist ein Gasball	Sonne ist ein Gasball	
A	W	18	schon gehört/gelesen	schon gehört/gelesen	
A	W	19	missing	missing	
A	W	20	missing	missing	
A	W	21	schon in Biologie durchgenommen	schon gelernt	
A	W	22	denkt Antwort ist richtig	geraten	
A	W	23	Sonne besteht aus Gasen, schon in der Schule gelernt, auch in sieht man, dass Sonne aus keinem festen Material besteht	Sonne besteht aus Gasen und nicht festen Materialien, schon gelernt	
A	W	24	weil die Sonne ein Gasball ist	Sonne ist ein Gasball	
B	M	25	Sonne ist ein Stern und Sterne keinen Kern haben	Sonne ist ein Stern, Sterne haben keinen Kern	Die Sonne ist ein Gasball, weil: - sie ein Stern ist und Sterne keinen Kern haben - sie aus vielen Gasen besteht - schon gehört/gelesen wurde - die Gase an der Oberfläche sich entzünden und brennen - es logisch klingt - schon gelernt wurde - sie ein Stern ist und Sterne aus Gas bestehen - Ausschlussverfahren angewendet wurde - Wasserstoff vorkommt - sie sehr heiß ist aber nicht brennt
B	M	26	schon mal vom Kern gehört	schon gehört	

B	M	27	Sonne hat viele Gase und einen festen Kern	Sonne besteht aus vielen Gasen und hat festen Kern	Die Sonne hat einen festen Kern, weil: - es logisch klingt - nur die Oberfläche besteht aus brennenden Gasen - jeder Stern einen festen Kern braucht - sie fix (= Fixstern) ist - unterschiedliche Gase aus dem festen Inneren an die Oberfläche kommen
B	M	28	Sonne besteht aus Gas	Sonne besteht aus Gasen	
B	M	29	Sonne hat einen festen Kern und die Oberfläche aus Gas besteht	Sonne hat einen festen Kern und die Oberfläche besteht aus Gasen	
B	M	30	Gase an der Oberfläche entzündet sich	Gase an der Oberfläche entzündet sich	
B	M	31	Sonne kann nicht wandern und dadurch einen festen Kern hat	Sonne ist fix, hat dadurch einen festen Kern	
B	M	32	macht am meisten Sinn	logisch	
B	M	33	Aussage trifft für die Sonne am besten zu	logisch	
B	M	34	Sonne besteht nur aus Gasen	Sonne besteht nur aus Gasen	
B	M	35	Sonne ist ein Gasball, jedoch ohne einen festen Kern	Sonne ist ein Gasball ohne festen Kern	
B	M	36	jeder Stern braucht einen Kern	Sonne hat einen festen Kern, jeder Stern braucht einen	
B	M	37	Sonne ist ein Gasball und besteht aus Gasen wie zum Beispiel Wasserstoff	Sonne ist ein Gasball, z.B. Wasserstoff	
B	W	38	in der 2. Klasse die Sonne kurz durchgemacht haben und einen Film über die Sonne und Gase auf ihrer Oberfläche gesehen haben	schon gesehen/gelernt	
B	W	39	Sonne besteht aus unterschiedlichen Gasen	Sonne besteht aus unterschiedlichen Gasen	
B	W	40	missing	missing	
B	W	41	wegen innerem Kern und Gas	Sonne besteht aus Gas und hat festen Kern	
B	W	42	Sonne ein Stern ist, Sterne sind aus Gas	Sonne ist ein Stern, Sterne sind aus Gas	
B	W	43	anderen sind unwahrscheinlich	Ausschlussverfahren	

B	W	44	Sonne ist ein Gasball, dessen Oberfläche sehr heiß ist	Sonne ist ein Gasball, Oberfläche ist sehr heiß	
B	W	45	Aussage ist richtig	logisch	
B	W	46	Oberfläche besteht aus brennbaren Gasen	Oberfläche besteht aus brennbaren Gasen	
B	W	47	Sonne ist heiß aber sie brennt nicht	Sonne ist heiß aber brennt nicht	
B	W	48	macht am meisten Sinn	logisch	
B	W	49	klingt am logischsten	logisch	
C	M	50	in einem Buch dasselbe gelesen	schon gelesen	Die Sonne ist ein Gasball, weil: - schon gelesen/gehört/ gesehen wurde - schon gelernt wurde - geraten wurde - sie aus Gas besteht - Wasserstoff vorkommt - Ausschlussverfahren angewendet wurde - es logisch klingt - es man es sich vorstellt - große Objekte selten aus Materie bestehen
C	M	51	Objekte in solchen Dimensionen bestehen selten aus Materie z.B. sind das auch Uranos und Jupiter, Wasserstoff verbrennt was logisch wäre	Wasserstoff brennt, große Objekte z.B. Uranos und Jupiter bestehen selten aus Materie	Die Sonne brennt, weil: - sie aus Gasen besteht - Wasserstoff vorkommt (= brennbar) - Man sie sich wie ein Feuer vorstellt - Geraten wurde - sie sehr heiß ist
C	M	52	Ausschlussverfahren, Sonne ist ein Gasball	Ausschlussverfahren	
C	M	53	logischste Erklärung	logisch	
C	M	54	Wasserstoff brennt	Wasserstoff brennt	
C	M	55	Doku	schon gesehen	
C	M	56	schon einmal irgendwo gehört	schon gehört	
C	M	57	hat es irgendwo gelesen	schon gelesen	
C	M	58	Sonne besteht aus Gas	Sonne besteht aus Gas	
C	W	59	die Sonne brennt wie ein Feuer	Sonne brennt wie ein Feuer	
C	W	60	Sonne besteht aus Gasen die sehr heiß sind	Sonne besteht aus Gasen und ist sehr heiß	
C	W	61	geraten	geraten	
C	W	62	besteht zum Teil aus Gasen zum Teil aus einem Kern	Sonne besteht zum Teil aus Gasen mit festem Kern	Die Sonne hat einen festen Kern, weil: - sie aus unterschiedlichen Schichten besteht - man es sich so vorstellt - geraten wurde - nur zum Teil aus Gasen besteht (Oberfläche)

C	W	63	schon einmal gehört, aber nicht sicher ob es stimmt	schon gehört, geraten	
C	W	64	Sonne ist ein Gestein	Sonne ist ein Gestein	
C	W	65	in einem Film gehört (geraten)	schon gehört, geraten	
C	W	66	Vorstellung	Vorstellung	
C	W	67	Gasball (geraten)	Sonne ist ein Gasball, geraten	
C	W	68	Ausschlussverfahren, geraten	Ausschlussverfahren, geraten	
C	W	69	schon mal gelesen, dass die Sonne aus Schichten besteht	schon gelesen, dass Sonne unterschiedliche Schichten hat	
C	W	70	in einer Doku gesehen	schon gesehen	
C	W	71	einzig logische	logisch	
D	M	72	Sonne besteht aus Gasen	Sonne besteht aus Gasen	Die Sonne ist ein Gasball, weil: - sie aus Gasen besteht - schon gehört/gelesen/ gesehen wurde - schon gelernt wurde - es logisch klingt - geraten wurde - man es sich so vorstellt - keinen festen Kern hat - Oberfläche aus extrem heißen Gasen bestehen - aus feuerartigen Gasen bestehen
D	M	73	von der Geo-Lehrerin in der 1. Klasse gehört hat	schon gehört/gelernt	
D	M	74	hört sich am logischsten an	logisch	
D	M	75	logischste Antwort	logisch	
D	M	76	in einem Dokumentationsfilm die Oberfläche der Sonne gesehen, die Oberfläche sah aus als ob sie aus Gestein bestehen würde	schon gesehen, Oberfläche sah wie Gestein aus	Die Sonne hat einen festen Kern, weil: - es logisch klingt - brennbare (= feuerartig/ Feuer) Gase aus dem festen Sonneninneren an die Oberfläche strömen und sich dort entzünden - geraten wurde - schon gesehen, dass die Oberfläche wie Gestein aussieht - man es sich so vorstellt
D	M	77	in gewisser Weise geraten	geraten	
D	M	78	Sonne hat einen Kern aus dem brennende Gase kommen und sich an der Oberfläche entzünden		
D	M	79	schon einmal gehört	schon gehört	

D	W	80	Sonne hat wie die Erde einen Kern aber brennt durch die Gase, hört sich am logischsten an	Sonne hat festen Kern und Gase brennen, logisch	
D	W	81	glaubt das er Recht hat	geraten	
D	W	82	hört sich logisch an	logisch	
D	W	83	die Oberfläche ist extrem heiß und Gase enthält	Oberfläche besteht aus extrem heißen Gasen	
D	W	84	in Bildern gibt es einen großen braunen Kern, mit feuerartigen Gasen	Sonne hat festen Kern mit feuerartigen Gasen	
D	W	85	klingt am logischsten	logisch	
D	W	86	Sonne hat keinen festen Kern	Sonne hat keinen festen Kern	
D	W	87	erscheint am logischsten	logisch	
D	W	88	geraten	geraten	
D	W	89	Sonne ein Gasball ist	Sonne ist ein Gasball	
D	W	90	vermutet	geraten	
D	W	91	diese Erklärung schon einmal gehört zu haben	schon gehört	
D	W	92	Vermutung	geraten	
D	W	93	schon einmal gehört	schon gehört	
D	W	94	am vorstellbarsten	Vorstellung	
D	W	95	geraten	geraten	
D	W	96	diese Antwort kommt am plausibelsten vor	logisch	

Concept Cartoon 3

Fall	Geschlecht	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
A	M	1	Sonne vielleicht nicht überall gleich warm ist	Sonne ist nicht überall gleich warm	Die Sonnenflecken sind Orte auf der Sonnenoberfläche mit unterschiedlichen Temperaturen, weil: - es nicht überall gleich warm ist - aufgrund des Ausschlussverfahrens - dunklere Flecken kühler sind - weiße Stellen heiß und dunkle Stellen kalt sind - es logisch klingt - schon gehört wurde - unterschiedliche Temperaturen unterschiedliche Farben aufweisen

A	M	2	Gase werden nach einer Zeit verunreinigt	Gase werden verunreinigt	Die Sonnenflecken sind Verunreinigungen auf der Sonnenoberfläche, weil: - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens schon gehört wurde - es überall gleich warm ist - es keine Temperaturunterschiede auf der Oberfläche der Sonne gibt
A	M	3	anderen erzählen Unsinn	Ausschlussverfahren	
A	M	4	auf der Sonne ist die Oberfläche nicht überall gleich warm, dunkle Flächen sind kühlere Ebenen, Temperatur beträgt dort um die 3.000°C	überall gleich warm, dunklen Flecken sind kühler, circa 3.000 °C	
A	M	5	auf der Sonne sollte es überall gleich warm sein, Schatten würde man dort nicht sehen und Inseln können nicht auf Gasen schwimmen, bleibt nur eine Antwort über	Ausschlussverfahren	
A	M	6	Sonne ist nicht an allen Stellen gleich heiß	Sonne ist nicht überall gleich warm	
A	M	7	die Anderen nicht vorstellbar	Ausschlussverfahren	
A	M	8	weil die Sonne oft mit "Hitze-Kameras" angeschaut wird und weiß heiß und schwarz kalt ist	"Hitzekameras" zeigen, dass weiß heiß und schwarz kalt ist	
A	M	9	Markus ergibt keinen Sinn (unlogisch) und Sara ist am logischsten	logisch	
A	M	10	missing	missing	
A	M	11	missing	missing	
A	M	12	hört sich plausibel an	logisch	
A	M	13	alle anderen ausschließen	Ausschlussverfahren	
A	M	14	anderen Aussagen passen nicht	Ausschlussverfahren	
A	M	15	Ansatz hört sich richtig an	logisch	
A	W	16	anderen hören sich nicht realistisch an, gibt keine Temperaturunterschiede auf der Schicht in einer Ebene	Es gibt keine Temperaturunterschiede auf der Oberfläche	

A	W	17	anderen Antworten ergeben keinen Sinn	Ausschlussverfahren	
A	W	18	weil die Punkte kühler sind sie dunkler, aber es ist so heiß, dass sie nicht zu Gestein etc. werden	weil Stellen kühler sind --> dunkler, nicht kalt genug um zu erstarren	
A	W	19	missing	missing	
A	W	20	durch unterschiedliche Temperatur verändert sich die Farbe	unterschiedliche Temperaturen sind unterschiedliche Farben	
A	W	21	schon gehört	schon gehört	
A	W	22	weil es Sinn ergibt	logisch	
A	W	23	kann ich mir am ehesten vorstellen	logisch	
A	W	24	Antwort hört sich am realistischsten an	logisch	
B	M	25	alles andere würde verbrennen oder schmelzen	alles andere würde verbrennen/schmelzen	
B	M	26	am logischsten ist	logisch	
B	M	27	missing	missing	
B	M	28	Da es nur Schatten sind	Schatten	Die Sonnenflecken sind Schatten von anderen Himmelsobjekten auf der Sonnenoberfläche, weil: - geraten wurde - es nur Schatten sein können
B	M	29	einzigste mögliche Erklärung	Ausschlussverfahren	
B	M	30	die nicht sauberen Gase haben eine andere Farbe	nicht saubere Gase haben andere Farbe	Die Sonnenflecken sind Verunreinigungen auf der Sonnenoberfläche, weil: - nicht saubere Gase andere Farben haben - die Sonne aus unterschiedlichen Gasen besteht - aufgrund des Ausschlussverfahrens - geraten wurde - es logisch klingt
B	M	31	dort sind Bereiche die etwas kühler sind	Bereiche die kühler sind	Die Sonnenflecken sind Orte auf der Sonnenoberfläche mit unterschiedlichen Temperaturen, weil: - es gibt kühlere Bereiche - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens - geraten wurde - Gesteinsinseln verbrennen/schmelzen - nicht überall gleich heiß ist - kühlere Stellen dunkler dargestellt werden - wo es kühler ist, Asche liegt

B	M	32	auf der Erde gibt es auch Gesteinsplatten, die auf Lava schwimmen	auf der Erde gibt es auch Gesteinsplatten die auf Lava schwimmen	
B	M	33	es gibt unterschiedliche Gase auf der Sonne	Sonne besteht aus unterschiedlichen Gasen	
B	M	34	Aussage ist richtig und an den Flecken ist es kühler	Flecken sind kühler	
B	M	35	die anderen ergeben keinen Sinn	Ausschlussverfahren	
B	M	36	weil das ein Infrarot-Sonnenbild ist	Infrarotsonnenbild	
B	M	37	es sind Schatten von anderen Himmelskörpern	Schatten von anderen Himmelskörpern	
B	W	38	geraten	geraten	
B	W	39	missing	missing	
B	W	40	missing	missing	
B	W	41	wegen kühleren Stellen	kühlere Stellen	
B	W	42	anderen sind unwahrscheinlich	Ausschlussverfahren	
B	W	43	nicht am ganzen Stern gleich heiß sein kann	nicht überall gleich heiß	
B	W	44	erscheint am logischsten	logisch	
B	W	45	Aussage ist richtig	logisch	
B	W	46	kleine Bereiche wo es kühler ist	kleine kühlere Bereiche	
B	W	47	wenn es dort kühler ist, ist es sozusagen Asche	wo es kühler ist, ist Asche	
B	W	48	kaltes Gestein dunkler ist als heißes Gestein	kaltes Gestein ist dunkler als heißes	
B	W	49	wenn es kühler ist, ist es da auch dunkler	kühler ist dunkler	
C	M	50	klingt am realistischen	logisch	
C	M	51	wäre logisch, zweite Antwort wäre Violeta	logisch	
C	M	52	Ausschlussverfahren, schon mal gelesen	Ausschlussverfahren, schon gelesen	
C	M	53	kann gut sein, dass es Orte auf der Sonne gibt die kühler sind, genauso wie auf unserer Erde	Orte an denen es kühler ist, wie auf der Erde	Die Sonnenflecken sind Orte auf der Sonnenoberfläche mit unterschiedlichen Temperaturen, weil: - es logisch klingt - geraten wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - die Sonne langsam abkühlt
C	M	54	klingt logisch	logisch	
C	M	55	missing	missing	
C	M	56	glaubt es	geraten	

C	M	57	Antwort ist halbwegs logisch	logisch	
C	M	58	missing	missing	
C	W	59	erscheint logisch, dass es auch auf der Sonne "Inseln" gibt	logisch, dass auch auf der Sonne Inseln sein können	Die Sonnenflecken sind Gesteinsinseln auf der Sonnenoberfläche, weil: - es logisch klingt, dass es auch auf der Sonne Inseln gibt - kühlere Stellen sich verfärben oder verfestigen - geraten wurde - die Sonne aus geschmolzenen Gestein besteht - durch die Abkühlung Inseln entstehen - aufgrund des Ausschlussverfahrens
C	W	60	Sonne kühlt langsam ab und das Gestein nicht geschmolzen ist	Sonne kühlt langsam ab und das ist nicht geschmolzenes Gestein	
C	W	61	nur bei ihm vorstellbar, dass es richtig ist, da z.B. Markus unglaublich war	Ausschlussverfahren	
C	W	62	gefällt am besten	Ausschlussverfahren	
C	W	63	könnte tatsächlich sein, dass diese Stellen kühler sind und sich dadurch verfärben oder fester sind	kühlere Stellen die sich verfärben oder verfestigen	
C	W	64	am logischsten	logisch	
C	W	65	geraten	geraten	
C	W	66	glaubt es	geraten	
C	W	67	geraten	geraten	
C	W	68	Sonne besteht aus geschmolzenem Gestein, kühlt die Oberfläche ab und es entstehen "Inseln"	Sonne besteht aus geschmolzenen Gestein, wenn Oberfläche abkühlt entstehen Inseln	
C	W	69	hört sich logisch an	logisch	
C	W	70	klingt logisch	logisch	
C	W	71	von allen Antworten richtig erscheint	Ausschlussverfahren	
D	M	72	Aussage am glaubwürdigsten	logisch	
D	M	73	diese Aussage erscheint von allen am logischsten	Ausschlussverfahren, logisch	
D	M	74	schon mal gehört	schon gehört	
D	M	75	glaubt zu wissen	geraten	
D	M	76	dass Meiste was die anderen sagen, ergibt keinen Sinn	Ausschlussverfahren	
D	M	77	geraten	geraten	
D	M	78	Antworten der anderen sehr unlogisch vorkommen	Ausschlussverfahren	

D	M	79	schon einmal gehört	schon gehört	
D	W	80	vorherige Frage schon um bestimmte Gase gedreht hat, am logischsten	logisch, aufgrund vorherigen Frage darauf geschlossen	
D	W	81	missing	missing	
D	W	82	hört sich logisch an	logisch	
D	W	83	die anderen ergeben nicht wirklichen Sinn	Ausschlussverfahren	
D	W	84	keine Ahnung	geraten	
D	W	85	klingt wahr	logisch	
D	W	86	in Gas hat es nicht immer die gleiche Temperatur	Gase haben nicht immer gleichen Temperaturen	Die Sonnenflecken sind Ort auf der Sonnenoberfläche mit unterschiedlichen Temperaturen, weil: - Gase nicht immer die gleichen Temperaturen haben - aufgrund des Ausschlussverfahrens - es logisch klingt - geraten wurde - schon gehört wurde - sich die vorherige Frage sich ebenfalls um Gase gedreht hat
D	W	87	anderen Lösungen für mich keinen Sinn machen	Ausschlussverfahren	
D	W	88	klingt am sinnvollsten	logisch	
D	W	89	sieht irgendwie so aus wie so eine Insel	sieht wie Insel aus	Die Sonnenflecken sind Gesteinsinseln auf der Sonnenoberfläche, weil: - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens - Verunreinigungen unlogisch sind - Schatten nicht stark genug sind - es keine kühleren Bereiche gibt - geraten wurde
D	W	90	geraten	geraten	
D	W	91	hat die beste und logischste Antwort	logisch	
D	W	92	Verunreinigungen auf der Sonne sind unwahrscheinlich, kühle Bereiche gibt es nicht und Schatten von Himmelskörper sind nicht so stark zu sehen	Schatten sind möglich aber nicht stark genug, kühleren Bereiche gibt es nicht und Verunreinigungen sind unwahrscheinlich --> Inseln	

D	W	93	Markus und Violetas Aussagen sind ausgeschlossen, glaubt nicht, dass es Gesteinsinseln auf der Sonne gibt, da diese bei der Hitze doch auch schmelzen würden	Ausschlussverfahren, Gesteinsinseln würden bei der Hitze schmelzen --> Verunreinigungen	Die Sonnenflecken sind Verunreinigungen auf der Sonnenoberfläche, weil: - es logisch klingt - geraten wurde - Gesteinsinseln bei der Hitze schmelzen würden
D	W	94	klingt am logischsten	logisch	
D	W	95	so etwas in der Art schon mal gehört	schon gehört	
D	W	96	bildlich sehr gut vorstellbar	logisch	

Concept Cartoon 4

Fall	Geschlecht	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
A	M	1	Sonne bei Wärmeenergie Licht und Wärme ausstrahlt	Sonne strahlt durch Wärmeenergie Licht und Wärme aus	
A	M	2	missing	missing	
A	M	3	geraten	geraten	
A	M	4	im Inneren der Sonne herrscht so ein großer Druck, dass diese Prozesse möglich sind	extremer Druck im Sonneninneren ermöglicht Prozess	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Kernfusion, weil: - geraten wurde - schon gelesen wurde - schon gelernt wurde - der extreme Druck im Sonneninneren den Prozess ermöglicht - die freigewordene Energie in Wärme umgewandelt wird - aufgrund von Vorwissen - aufgrund des Ausschlussverfahrens - es logisch klingt
A	M	5	Gefühl	geraten	
A	M	6	die Energie die in der Sonne durch Kernfusion "erzeugt" wird, kann in Wärme umgewandelt werden	Energie die durch Kernfusion erzeugt wird, kann in Wärme umgewandelt werden	
A	M	7	mit 10 nach der Funktionsweise gefragt und anschließend recherchiert	schon gelesen	
A	M	8	missing	missing	
A	M	9	Allgemeinwissen	Vorwissen	
A	M	10	missing	missing	
A	M	11	Biologie	schon gelernt	
A	M	12	geraten	geraten	

A	M	13	weiß, dass die Sonne Wasserstoff im Inneren verbrennt	im Sonneninneren wird Wasserstoff verbrannt	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Verbrennen, weil: - im Sonneninneren Wasserstoff verbrannt wird - geraten wurde - es logisch klingt - man die Sonne mit einem Lagerfeuer vergleichen kann - die Sonne zum Leuchten aufhört wenn ihr das Gas ausgeht
A	M	14	die anderen reden Unsinn	Ausschlussverfahren	
A	M	15	Bauchgefühl	geraten	
A	W	16	hört sich logisch an	logisch	
A	W	17	die anderen Antworten sind nicht vorstellbar	Ausschlussverfahren	
A	W	18	gehört, dass die Sonne irgendwann aufhört zu leuchten, weil ihr das Gas ausgeht	Sonne hört auf zu leuchten, weil das Gas ausgeht	
A	W	19	missing	missing	
A	W	20	missing	missing	
A	W	21	einzige logische Erklärung	logisch	
A	W	22	weil es stimmt	Vorwissen	
A	W	23	Sonne am ehesten mit einem Lagerfeuer vergleichen	Sonne mit Lagerfeuer vergleichen	
A	W	24	hört sich logisch an	logisch	
B	M	25	Wärme und Licht kommt von der Oberfläche	Wärme und Licht kommt von der Oberfläche	
B	M	26	sowas ähnliches schon einmal gelernt	schon gelernt	
B	M	27	missing	missing	
B	M	28	kling realistisch	logisch	
B	M	29	einzige Antwort, die Sinn ergibt	Ausschlussverfahren	
B	M	30	missing	missing	
B	M	31	neue Atome werden gebildet und deswegen entsteht sehr viel Energie	durch Bildung neuer Atome entsteht viel Energie	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Kernfusion, weil: - geraten wurde - schon gelernt wurde - aufgrund von Vorwissen - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens - durch die Bildung neuer Atome viel Energie entsteht - die Sonne immer neue Atome erzeugen muss
B	M	32	hat ein Beispiel genommen	Anführung eines Beispiels	

B	M	33	alle Aussagen außer Sarah sind eigentlich das gleiche	Ausschlussverfahren	
B	M	34	als einzige alles richtig beschrieben	Ausschlussverfahren	
B	M	35	Sonne brennt an der Oberfläche	Sonne brennt an der Oberfläche	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Verbrennen, weil: - sie wie ein Ofen funktioniert - ein Beispiel angeführt wird - die Oberfläche brennt - es logisch klingt - Material (=Wärmeenergie) das sie nicht mehr braucht wegschickt
B	M	36	Sonne brennt	Sonne brennt	
B	M	37	Sonne funktioniert wie ein Ofen	Sonne funktioniert wie Ofen	
B	W	38	Aussage am wahrscheinlichsten	logisch	
B	W	39	missing	missing	
B	W	40	missing	missing	
B	W	41	wegen dem Prozess der Kernfusion	wegen der Kernfusion	
B	W	42	passt zu dem bisherigen Unterrichtsstoff	schon gelernt	
B	W	43	schickt das weg, weil sie es nicht braucht	schickt es weg, weil sie es nicht braucht	
B	W	44	Sonne immer neue Atome erzeugen muss	Sonne muss immer neue Atome erzeugen	
B	W	45	Aussage ist richtig	logisch	
B	W	46	missing	missing	
B	W	47	klingt am logischsten	logisch	
B	W	48	hat ein Beispiel genannt das nachvollziehbar ist	Anführung eines Beispiels	
B	W	49	schon gelernt	schon gelernt	
C	M	50	in einem Buch gelesen, dass die Kernfusion neue Atome bildet	schon gelesen	
C	M	51	Sonne war einmal ein Zwerg oder so etwas der dann gestorben ist und extrem viel Energie freigesetzt	Sonne ist ein Zwerg der gestorben ist und extrem viel Energie freigesetzt hat	
C	M	52	missing	missing	
C	M	53	bilden sich so und so neue Atome und Strahlungsenergie „auf uns zukommt“	neue Atome werden gebildet und Strahlungsenergie kommt zu uns	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Kernfusion, weil: - neue Atome gebildet werden - es logisch klingt - viel Energie und Wärme bei diesem Prozess erzeugt wird - geraten wurde - schon gelernt wurde - schon gelesen wurde

C	M	54	ergibt Sinn	logisch	
C	M	55	missing	missing	
C	M	56	klingt am logischsten	logisch	
C	M	57	Antwort ist logisch	logisch	
C	M	58	missing	missing	
C	W	59	Kernfusion wirklich sehr viel Wärme erzeugt	Kernfusion erzeugt sehr viel Wärme	
C	W	60	Vorgang der Kernfusion sicher sehr viel Energie erzeugt und deswegen heiß ist	Kernfusion erzeugt sehr viel Energie	
C	W	61	Ausschlussverfahren	Ausschlussverfahren	
C	W	62	je näher der Planet an der Sonne ist, desto heißer ist es dort, wie beim Lagerfeuer	je näher Planet an der Sonne ist, desto heißer ist es dort, wie beim Lagerfeuer	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Verbrennen, weil: - je näher ein Planet an der Sonne ist, desto heißer ist es dort - geraten wurde - es logisch klingt - es am Lagerfeuer spürbar ist
C	W	63	könnte stimmen, dass in der Sonne eine Kernfusion stattfindet (mehrere Kernfusionen)	Kernfusion in der Sonne	
C	W	64	missing	missing	
C	W	65	geraten	geraten	
C	W	66	glaubt es	geraten	
C	W	67	geraten	geraten	
C	W	68	ab einer bestimmten Temperatur kann man die Lichtstrahlen auf der Erde sehen	ab bestimmten Temperatur werden Lichtstrahlen auf der Erde sichtbar	
C	W	69	stellt sich so vor	geraten	
C	W	70	weiß es nicht	geraten	
C	W	71	glaubt, dass es richtig ist	geraten	
D	M	72	anderen Aussagen nicht sehr glaubwürdig sind	Ausschlussverfahren	
D	M	73	selbe Meinung wie Tom	Ausschlussverfahren	
D	M	74	irgendwo gehört, dass die Sonne irgendwann erlischt	schon gehört, dass Sonne irgendwann erlischt	
D	M	75	missing	missing	
D	M	76	missing	missing	
D	M	77	ihre Antwort ist am logischsten	logisch	
D	M	78	diese Aussage am besten vorstellen könnte	logisch	
D	M	79	ist das einzig logische	logisch	

D	W	80	am logischsten, weil beim Grillen spürbar	logisch, beim Grillen spürbar	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Verbrennen, weil - schon gehört wurde, dass die Sonne irgendwann erlischt (= verbraucht ist) - geraten wurde - es logisch klingt - es beim Grillen spürbar ist
D	W	81	missing	missing	
D	W	82	hört sich logisch an	logisch	
D	W	83	die anderen keinen Sinn ergeben	Ausschlussverfahren	
D	W	84	anderen ergeben keinen Sinn	Ausschlussverfahren	
D	W	85	ist glaubwürdiger als die anderen	Ausschlussverfahren	
D	W	86	auf der Erde kann man keine Kernfusion machen, das geht nur in der Sonne	Kernfusion nur in der Sonne möglich, auf der Erde nicht	Die Sonne erzeugt ihre Wärmeenergie durch Kernfusion, weil: - dieser Prozess nur auf der Sonne möglich ist und nicht auf der Erde - es logisch klingt - geraten wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - Kernfusion Energie erzeugt die in Licht und Wärme umgewandelt wird
D	W	87	ist logischer als die anderen	logisch	
D	W	88	zwischen Sarah und Tom überlegt, aber Tom hört sich logisch an	logisch	
D	W	89	im Fernsehen gesehen, dass die Sonne irgendwelche Teile verschlingt oder so	schon gesehen, dass Sonne irgendwelche Teile verschlingt	
D	W	90	erscheint am logischsten	logisch	
D	W	91	hat die beste Erklärung	Ausschlussverfahren	
D	W	92	Vermutung	geraten	
D	W	93	Kernfusion = Energie/Wärmeenergie --> Licht --> Wärme	Kernfusion erzeugt Energie/Wärmeenergie --> Licht --> Wärme	
D	W	94	missing	missing	
D	W	95	geraten	geraten	
D	W	96	alle anderen Aussagen nicht so überzeugend sind wie diese	Ausschlussverfahren	

Concept Cartoon 5

Fall	Geschlecht	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
A	M	1	Teil der Wärmeenergie als Wärme zu uns kommt	Teil der Wärmeenergie kommt zu uns	Die Wärmeenergie der Sonne kommt als Teil des Sonnenlichts zu uns, weil: - es logisch klingt - schon gehört wurde - schon gelernt wurde - geraten wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - Wärmeenergie in Form von Infrarotstrahlung ausgesendet wird - Licht Wärme abgibt - die Erdoberfläche erwärmt und weiterreflektiert wird - Infrarotstrahlung = Wärmestrahlung
A	M	2	missing	missing	
A	M	3	klingt am logischsten	logisch	
A	M	4	Wärmeenergie wird in Infrarotstrahlen abgesondert, Infrarotstrahlen sind unsichtbar, Tom hat teilweise recht, Infrarotstrahlen verlieren auf Distanz Energie	Infrarotstrahlen sind unsichtbar, verlieren auf Distanz Energie, Wärmeenergie in Form von Infrarotstrahlung ausgesendet	
A	M	5	missing	missing	
A	M	6	in Physik gelernt, dass die Sonne Infrarotstrahlen abgibt	schon gelernt, dass Sonne Infrarotstrahlen abgibt	
A	M	7	Licht gibt Wärme ab (z.B. Glühbirne) strahlt das Licht zu uns auf die Erde und erwärmt die Oberfläche, Erde reflektiert Licht auch weiter	Licht gibt Wärme ab, erwärmt die Oberfläche der Erde und wird weiterreflektiert	
A	M	8	schon gehört	schon gehört	
A	M	9	im Unterricht gemacht	schon gelernt	
A	M	10	missing	missing	
A	M	11	Biologie	schon gelernt	
A	M	12	geraten	geraten	
A	M	13	Sonne erzeugt die Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung)	Sonne erzeugt Infrarotstrahlung = Wärmestrahlung	
A	M	14	geraten	geraten	

A	M	15	Reihenfolge von Planeten zur Sonne, Erde = 3. Planet und warm, Jupiter = zu weit = kalt, Sonne strahlt immer, Mond lässt keine Energie und Wärme durch/vorbei	Sonne strahlt immer, Planetenreihenfolge, je weiter weg von der Sonne desto kühler, je näher desto wärmer, Mond blockiert Licht und Wärme	Die Wärmeenergie der Sonne ist begrenzt, weil: - je weiter weg von der Sonne, desto kühler ist es, je näher, desto wärmer - der Mond blockiert die Wärme der Sonne zur Erde - im Sonnensystem wird es immer kälter (= Sonne wird schwächer) - geraten wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - die Infrarotstrahlen auf Distanz Energie verlieren
A	W	16	Anderen Begründungen können nicht stimmen	Ausschlussverfahren	
A	W	17	schon gehört	schon gehört	
A	W	18	in unserem Sonnensystem wird es immer kälter	im Sonnensystem wird es immer kälter	
A	W	19	missing	missing	
A	W	20	missing	missing	
A	W	21	alle anderen Planeten des Sonnensystems weiter von der Sonne weg sind als die Erde, je weiter weg sie sind, desto kälter sind sie	je weiter weg von der Sonne, desto kühler wird es, je näher desto wärmer	
A	W	22	Aussage ist logisch	logisch	
A	W	23	von allen Erklärungen scheint mir diese am einleuchtensten	Ausschlussverfahren	
A	W	24	schon gehört	schon gehört	
B	M	25	Wärme der Sonne als Teil des Sonnenlichts	Wärme als Teil des Sonnenlichts	Die Wärmeenergie der Sonne kommt als Teil des Sonnenlichts zu uns, weil: - schon gehört wurde - die Sonne blendet - aufgrund des Ausschlussverfahrens - es logisch klingt - die Sonne Infrarotstrahlung abgibt - die Infrarotstrahlung für uns unsichtbar ist (= als Wärme spürbar) - die Wärme Teil des Sonnenlichts ist
B	M	26	schon mal was von Infrarotstrahlung gehört	schon gehört	
B	M	27	missing	missing	
B	M	28	Wärme als Teil des Sonnenlichts zu uns kommt	Wärme als Teil des Sonnenlichts	
B	M	29	einzige mögliche Antwort	Ausschlussverfahren	

B	M	30	missing	missing	
B	M	31	wenn man in die Sonne schaut muss man sofort wieder woanders hinschauen	Sonne blendet	
B	M	32	alle anderen Entscheidungen nicht gut sind	Ausschlussverfahren	
B	M	33	sehr gute Begründung	logisch	
B	M	34	missing	missing	
B	M	35	auf dem Neptun ist es zum Beispiel sehr kalt	je weiter weg von der Sonne, desto kühler wird es, je näher desto wärmer	Die Wärmeenergie der Sonne ist begrenzt, weil: - je weiter weg von der Sonne, desto kühler ist es, je näher, desto wärmer - die Sonne nur eine begrenzte Reichweite hat - es auf den hinteren Planeten kühler ist - es logisch klingt
B	M	36	Sonne hat Infrarotstrahlungen	Sonne gibt Infrarotstrahlung ab	
B	M	37	missing	missing	
B	W	38	Planeten die weiter von der Sonne entfernt sind, sind wesentlich kälter als Planeten die der Sonne näher sind	je weiter weg von der Sonne, desto kühler wird es, je näher desto wärmer	
B	W	39	missing	missing	
B	W	40	missing	missing	
B	W	41	Sonne hat nur eine beschränkte Reichweite	Sonne hat nur eine beschränkte Reichweite	
B	W	42	auf den Planeten "hinter" der Erde kälter ist als bei uns und auf den Planeten "vor" der Erde wärmer	auf den Planeten vor der Erde ist es wärmer, hinter der Erde kühler	
B	W	43	Pluto ist eiskalt und die Venus extrem heiß, weil sie nahe an der Sonne liegt	je weiter weg von der Sonne, desto kühler wird es, je näher desto wärmer	
B	W	44	Infrarotstrahlung für uns unsichtbar ist	Infrarotstrahlung ist für uns unsichtbar	
B	W	45	Aussage ist richtig	logisch	
B	W	46	missing	missing	
B	W	47	missing	missing	
B	W	48	auf anderen Planeten (die weiter von der Sonne entfernt sind als die Erde) kühler ist als bei uns auf der Erde	je weiter weg von der Sonne, desto kühler wird es, je näher desto wärmer	
B	W	49	auf "hinteren" Planeten ist es auch kühler	auf hinteren Planeten ist es kühler	

C	M	50	in Geografie gelernt	schon gelernt	
C	M	51	wäre logisch	logisch	
C	M	52	Infrarot und Ultraviolettstrahlung kommen mit dem Sonnenlicht auf die Erde	Infrarotstrahlung und Ultraviolettstrahlung sind Teil des Sonnenlichts	Die Wärmeenergie der Sonne kommt als Teil des Sonnenlichts zu uns, weil: - schon gelernt wurde - schon gehört/gelesen wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - aufgrund von Vorwissen - die Infrarotstrahlung und Ultraviolettstrahlung Teil des Sonnenlichts sind - es logisch klingt - die Wärmeenergie unsichtbar und Teil des Sonnenlichts ist - geraten wurde
C	M	53	ist die beste Erklärung	Ausschlussverfahren	
C	M	54	auf Pluto kalt	je weiter weg von der Sonne, desto kühler wird es, je näher desto wärmer	Die Wärmeenergie der Sonne ist begrenzt, weil: - es vom Tag-Nacht-Zyklus abhängig ist - die Wärmeenergie distanzabhängig ist - geraten wurde - es logisch klingt - die Sonne nicht alles erwärmen kann - je weiter man von der Sonne weg ist, desto kälter ist es, je näher, desto wärmer - nicht alle Planeten bewohnbar sind, weil es dort zu kalt ist
C	M	55	missing	missing	
C	M	56	weiß es	Vorwissen	
C	M	57	irgendwo gelesen	schon gelesen	
C	M	58	missing	missing	
C	W	59	schon mal etwas über Infrarotstrahlen gehört	schon gehört	
C	W	60	Sonne kann nicht alles erwärmen	Sonne kann nicht alles erwärmen	
C	W	61	schon mal darüber was gelesen und bei dieser Aufgabe sicher war	schon gelesen	
C	W	62	während es an einem Teil der Erde warm ist, die Sonne scheint (Tag ist) ist an der anderen Seite Nacht (dunkel und kühler) weil die Sonne nur bei einer Seite näher ist, also die an der Tag ist	Tag-Nacht-Zyklus für die Wärme verantwortlich	

C	W	63	Wärmeenergie die die Wärme der Sonne leitet wirklich nicht sichtbar ist und als Teil des Lichts kommt	Wärmeenergie der Sonne ist unsichtbar und Teil des Lichts	
C	W	64	missing	missing	
C	W	65	hört sich richtig an (geraten)	geraten	
C	W	66	weiß es	Vorwissen	
C	W	67	darum sind nicht alle Planeten für uns Menschen bewohnbar, auf zum Beispiel Jupiter ist es viel zu kalt	nicht alle Planeten für uns bewohnbar, weil es viel zu kalt ist, Wärmeenergie distanzabhängig	
C	W	68	geraten	geraten	
C	W	69	schon mal was davon gehört	schon gehört	
C	W	70	hält es für richtig	logisch	
C	W	71	missing	missing	
D	M	72	schon gelernt	schon gelernt	
D	M	73	Wärme der Sonne wirklich als Infrarotstrahlung auf die Erde kommt	Wärme als Teil des Sonnenlichts	Die Wärmeenergie der Sonne kommt als Teil des Sonnenlichts zu uns, weil: - die Wärme Teil des Sonnenlichts ist - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens - aufgrund des Vorwissens - die Sonne UV- und Infrarotstrahlung abgibt - schon gehört wurde - die Sonne nicht an Stromleitungen hängt - geraten wurde
D	M	74	klingt am logischsten	logisch	
D	M	75	missing	missing	
D	M	76	konnte am meisten überzeugen	Ausschlussverfahren	
D	M	77	alles andere ist unlogisch	Ausschlussverfahren	
D	M	78	diese Aussage selbst auch wusste	Vorwissen	
D	M	79	kommt logisch vor	logisch	
D	W	80	gibt UV- und Infrarotstrahlen	Sonne gibt UV- und Infrarotstrahlung ab	
D	W	81	missing	missing	
D	W	82	hört sich logisch an	logisch	
D	W	83	Sarah und Tom komplett danebenliegen aber Violeta knapp an der Lösung ist	Ausschlussverfahren	
D	W	84	mit Infrarotstrahlung schon mal gehört	schon gehört	
D	W	85	missing	missing	

D	W	86	Sonne nicht wie auf dem Bild an Stromleitungen hängt	Sonne hängt nicht an Stromleitungen	
D	W	87	bezweifelt, dass die Sonne alles um sich herum erwärmt und Licht- und Wärmeenergie sind nicht das Gleiche	Licht- und Wärmeenergie ist nicht dasselbe, Sonne erwärmt nicht alles	Die Wärmeenergie der Sonne ist begrenzt, weil: - die Sonne nicht alles erwärmt - geraten wurde - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens - die Reichweite beschränkt ist - Licht- und Wärmeenergie nicht dasselbe sind
D	W	88	geraten	geraten	
D	W	89	ihrer Erklärung irgendwie am logischsten klingt	logisch	
D	W	90	denkt er	geraten	
D	W	91	ist logischer als die Antworten der Anderen	Ausschlussverfahren	
D	W	92	Begriff Infrarotstrahlung mit dem Thema Sonne ein paar Mal gehört	schon gehört	
D	W	93	Ausschlussprinzip angewendet	Ausschlussverfahren	
D	W	94	Reichweite ist ja beschränkt, so reicht sie z.B. nicht bis zum Jupiter	Reichweite beschränkt	
D	W	95	diese Aussage erscheint verhältnismäßig logisch	logisch	
D	W	96	schon mal davon gehört	schon gehört	

Concept Cartoon 6

Fall	Geschlecht	Nummer	Paraphrase	Generalisierung	Reduktion
A	M	1	viele Sachen so funktionieren	funktioniert bei vielen Dingen ähnlich	
A	M	2	missing	missing	
A	M	3	Vermutung	geraten	
A	M	4	klingt gut	logisch	
A	M	5	beim Fragebogen steht auch Protuberanzen und sollte daher richtig sein	Fragebogen verwendet Begriff Protuberanzen ebenfalls	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind Protuberanzen, weil: - geraten wurde - es logisch klingt - der Fragebogen ebenfalls den Begriff Protuberanzen verwendet - Protuberanzen dasselbe wie Sonnenstürme sind - schon gehört wurde
A	M	6	seine Begründung macht Sinn	logisch	

A	M	7	Materie die die Sonne nicht mehr fusionieren kann abgibt	Materie die die Sonne nicht mehr fusionieren kann	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind überschüssige/verbrauchte Materie, weil: - die Sonne diese nicht mehr fusionieren kann - es logisch klingt - geraten wurde - bei vielen anderen Dingen es so ähnlich funktioniert
A	M	8	Antwort ergibt Sinn	logisch	
A	M	9	auch bekannt als Sonnensturm	Protuberanzen = Sonnensturm	
A	M	10	missing	missing	
A	M	11	missing	missing	
A	M	12	geraten	geraten	
A	M	13	missing	missing	
A	M	14	fällt keine Begründung ein	missing	
A	M	15	Vermutung, hören sich alle richtig an, nicht so viel über Sonne gelernt	geraten	
A	W	16	am realistischsten	logisch	
A	W	17	hört sich logisch an	logisch	
A	W	18	logischste	logisch	
A	W	19	missing	missing	
A	W	20	missing	missing	
A	W	21	von meinem Vater gehört	schon gehört	
A	W	22	Gefühl Aussage stimmt	geraten	
A	W	23	wüsste ich nicht, aber Erklärung leuchtet mir ein	logisch	
A	W	24	klingt logisch	logisch	
B	M	25	Sonne kann nichts wegwerfen oder elektrostatische Teilchen das nicht schaffen	Sonne kann nichts wegwerfen und Elektrostatik nicht stark genug	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind Protuberanzen, weil: - geraten wurde - es logisch klingt - die Sonne nichts wegwerfen kann - die Elektrostatik zu schwach dafür ist - aufgrund des Ausschlussverfahrens - sie aufgrund des Magnetfelds entstehen - sie gleich wie Sonnenwinde entstehen
B	M	26	geraten	geraten	
B	M	27	missing	missing	
B	M	28	weil Materie abgestoßen wird	Materie wird abgestoßen	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche kommen zustande, weil: - die Materie abgestoßen wird - geraten wurde - aufgrund der elektrostatischen Abstoßung zu vieler gleichgeladener Teilchen

B	M	29	sie hat Recht	logisch	
B	M	30	missing	missing	
B	M	31	geraten	geraten	
B	M	32	geraten	geraten	
B	M	33	am meisten vorstellbar	logisch	
B	M	34	missing	missing	
B	M	35	gleicher Grund warum zum Beispiel Sonnenwinde entstehen	gleicher Grund wie für Sonnenwinde	
B	M	36	alle anderen keinen Sinn machen	Ausschlussverfahren	
B	M	37	durch elektronische Abstoßung entsteht es	elektrostatische Abstoßung	
B	W	38	geraten	geraten	
B	W	39	missing	missing	
B	W	40	wegen der Wärme in der Sonne	wegen der Wärme in der Sonne	
B	W	41	wegen dem Magnetfeld	Magnetfeld	
B	W	42	gut vorstellbar	logisch	
B	W	43	wenn sie das mit den Atomen macht sicher auch Sachen nicht braucht und die schickt sie halt weg	wenn sie Kernfusion macht und nicht mehr braucht schickt sie weg	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind überschüssige/verbrauchte Materie, weil: - die verbrauchte Materie aus der Kernfusion entsorgt werden muss - geraten wurde - es logisch klingt
B	W	44	missing	missing	
B	W	45	Aussage ist richtig	logisch	
B	W	46	missing	missing	
B	W	47	zu viele gleich geladene Teilchen	elektrostatische Abstoßung zu vieler gleichgeladener Teilchen	
B	W	48	anderen Aussagen unlogisch klingen	Ausschlussverfahren	
B	W	49	anderen Aussagen unlogisch klingen	Ausschlussverfahren	
C	M	50	von den anderen Aussagen noch nie gehört	Ausschlussverfahren	
C	M	51	keine Ahnung, Intuition	geraten	
C	M	52	Tom und Markus falsch, Violetta am wahrscheinlichsten	Ausschlussverfahren	
C	M	53	ist wahrscheinlich, dass es Materieausstöße sind	wahrscheinlich Materieausstöße	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind Protuberanzen, weil: - geraten wurde - schon gehört/gesehen - es logisch klingt - aufgrund des Ausschlussverfahrens - die Sonne ein Magnet ist - die Sonne Materie ausstößt

C	M	54	Protuberanzen schon mal gehört	schon gehört	
C	M	55	Film "2012"	schon gesehen (Film 2012)	
C	M	56	Ausschlussverfahren	Ausschlussverfahren	
C	M	57	Sonne ist ein Magnet, die Antwort ist logisch, geraten	Sonne ist ein Magnet, logisch, geraten	
C	M	58	missing	missing	
C	W	59	noch nie davon gehört, erscheint aber am logischsten	logisch	
C	W	60	Sonne stößt Material aus	Sonne stößt Materie aus	
C	W	61	geraten	geraten	
C	W	62	klingt einfach richtig	logisch	
C	W	63	klingt am sinnvollsten	logisch	
C	W	64	missing	missing	
C	W	65	weiß es nicht und hört sich richtig an	logisch	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind überschüssige/verbrauchte Materie, weil: - es logisch klingt - geraten wurde
C	W	66	glaubt es	geraten	
C	W	67	geraten	geraten	
C	W	68	geraten	geraten	
C	W	69	hört sich am logischsten an	logisch	
C	W	70	keine Ahnung	geraten	
C	W	71	findet es richtig	logisch	
D	M	72	klingt am logischsten	logisch	
D	M	73	geraten	geraten	
D	M	74	schon mal gehört	schon gehört	
D	M	75	missing	missing	
D	M	76	ist logisch	logisch	
D	M	77	geraten	geraten	
D	M	78	diese Antwort erscheint am logischsten	logisch	
D	M	79	schon einmal gehört	schon gehört	
D	W	80	auf dem Bild ist auch so eine Form abgebildet, das könnten die magnetischen Feldlinien sein an der die Ausstöße entlang gehen	magnetische Feldlinien an denen Ausstöße entlang gehen	Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind Protuberanzen, weil: - es logisch klingt - geraten wurde - schon gehört/gesehen wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - Ausstöße an den magnetischen Feldlinien entlang gehen
D	W	81	missing	missing	
D	W	82	hört sich logisch an	logisch	
D	W	83	geraten	geraten	

D	W	84	hört sich so an, als hätte er eine Ahnung	logisch	
D	W	85	macht Sinn	logisch	
D	W	86	anderen erscheinen unlogisch	Ausschlussverfahren	
D	W	87	schon mal von sowas gehört, weiß aber nicht mehr direkt was es ist und tippt daher auf die Lösung von Sarah		Diese bogenartigen Auswürfe auf der Sonnenoberfläche sind verbrauchte/überschüssige Materie, weil: - geraten wurde - aufgrund des Ausschlussverfahrens - es logisch klingt
D	W	88	hört sich am sinnvollsten an	logisch	
D	W	89	im Fernseher gesehen, dass diese Kreise wieder in die Sonne zurückgehen	schon gesehen	
D	W	90	geschätzt	geraten	
D	W	91	seine Antwort ist am logischsten	logisch	
D	W	92	Vermutung	geraten	
D	W	93	geraten	geraten	
D	W	94	missing	missing	
D	W	95	geraten	geraten	
D	W	96	missing	missing	

11.4.1 Fragebogendaten

			Physik	
			fehlend	Sehr stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	0	2
	Klasse C	Männlich	0	1
		Weiblich	0	0
	Klasse B	Männlich	0	1
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	0	3
		Weiblich	0	2

			Physik	
			Stark	Gering
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	8	0
		Weiblich	8	6
	Klasse C	Männlich	5	3
		Weiblich	3	8
	Klasse B	Männlich	4	8
		Weiblich	3	9
	Klasse A	Männlich	10	2
		Weiblich	3	4

			Physik	Astronomie
			Gar nicht	fehlend
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	1	1
	Klasse C	Männlich	0	1
		Weiblich	2	0
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	0	1
		Weiblich	0	0

			Astronomie	
			Sehr stark	Stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1	3
		Weiblich	2	3
	Klasse C	Männlich	0	4
		Weiblich	0	7
	Klasse B	Männlich	0	5
		Weiblich	0	6
	Klasse A	Männlich	3	5
		Weiblich	1	3

			Astronomie	
			Gering	Gar nicht
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	3	1
		Weiblich	9	2
	Klasse C	Männlich	4	0
		Weiblich	3	3
	Klasse B	Männlich	8	0
		Weiblich	5	1
	Klasse A	Männlich	6	0
		Weiblich	4	1

			Fernsehsendungen	
			fehlend	Sehr stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	0	4
	Klasse C	Männlich	1	1
		Weiblich	0	1
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	0	1
	Klasse A	Männlich	0	4
		Weiblich	0	1

			Fernsehsendungen	
			Stark	Gering
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	5
		Weiblich	3	6
	Klasse C	Männlich	5	2
		Weiblich	2	6
	Klasse B	Männlich	4	6
		Weiblich	2	6
	Klasse A	Männlich	5	5
		Weiblich	4	4

			Fernseh- sendungen Gar nicht Count	Bücher fehlend Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1	0
		Weiblich	4	0
	Klasse C	Männlich	0	0
		Weiblich	4	0
	Klasse B	Männlich	3	0
		Weiblich	3	0
	Klasse A	Männlich	1	0
		Weiblich	0	0

			Bücher	
			Sehr stark Count	Stark Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	3
		Weiblich	2	3
	Klasse C	Männlich	1	1
		Weiblich	0	2
	Klasse B	Männlich	0	1
		Weiblich	0	1
	Klasse A	Männlich	0	4
		Weiblich	2	2

			Bücher	
			Gering Count	Gar nicht Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	3
		Weiblich	4	8
	Klasse C	Männlich	4	3
		Weiblich	7	4
	Klasse B	Männlich	8	4
		Weiblich	7	4
	Klasse A	Männlich	10	1
		Weiblich	4	1

			Sonnensystem	
			fehlend	Sehr stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	3
		Weiblich	1	1
	Klasse C	Männlich	1	1
		Weiblich	0	1
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	1	3
		Weiblich	0	2

			Sonnensystem	
			Stark	Gering
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1	4
		Weiblich	8	6
	Klasse C	Männlich	4	3
		Weiblich	6	3
	Klasse B	Männlich	4	9
		Weiblich	5	7
	Klasse A	Männlich	4	6
		Weiblich	5	2

			Sonnen-system	Wechsel-wirkungen
			Gar nicht	fehlend
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	1	1
	Klasse C	Männlich	0	1
		Weiblich	3	0
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	1	1
		Weiblich	0	0

			Wechselwirkungen	
			Sehr stark	Stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1	3
		Weiblich	1	3
	Klasse C	Männlich	1	1
		Weiblich	0	2
	Klasse B	Männlich	1	1
		Weiblich	0	2
	Klasse A	Männlich	1	5
		Weiblich	0	2

			Wechselwirkungen	
			Gering	Gar nicht
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	3	1
		Weiblich	7	5
	Klasse C	Männlich	6	0
		Weiblich	8	3
	Klasse B	Männlich	8	3
		Weiblich	8	2
	Klasse A	Männlich	6	2
		Weiblich	6	1

			Aufbau	
			fehlend	Sehr stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	1	0
	Klasse C	Männlich	0	1
		Weiblich	0	0
	Klasse B	Männlich	0	1
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	1	2
		Weiblich	0	1

			Aufbau	
			Stark	Gering
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	4	4
		Weiblich	2	11
	Klasse C	Männlich	1	4
		Weiblich	4	5
	Klasse B	Männlich	2	8
		Weiblich	2	8
	Klasse A	Männlich	4	8
		Weiblich	3	3

			Aufbau	Aussehen
			Gar nicht	fehlend
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	3	0
	Klasse C	Männlich	3	0
		Weiblich	4	0
	Klasse B	Männlich	2	1
		Weiblich	2	0
	Klasse A	Männlich	0	0
		Weiblich	2	0

			Aussehen	
			Sehr stark	Stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	3
		Weiblich	0	5
	Klasse C	Männlich	1	2
		Weiblich	2	3
	Klasse B	Männlich	0	2
		Weiblich	0	3
	Klasse A	Männlich	2	4
		Weiblich	1	2

			Aussehen	
			Gering	Gar nicht
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	3	0
		Weiblich	7	5
	Klasse C	Männlich	4	2
		Weiblich	6	2
	Klasse B	Männlich	9	1
		Weiblich	7	2
	Klasse A	Männlich	7	2
		Weiblich	5	1

			Funktionsweise	
			fehlend	Sehr stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	2
		Weiblich	1	2
	Klasse C	Männlich	0	1
		Weiblich	0	1
	Klasse B	Männlich	1	1
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	1	2
		Weiblich	0	0

			Funktionsweise	
			Stark	Gering
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	4
		Weiblich	5	9
	Klasse C	Männlich	3	5
		Weiblich	4	5
	Klasse B	Männlich	5	6
		Weiblich	6	5
	Klasse A	Männlich	5	6
		Weiblich	3	5

			Funktions- weise Gar nicht Count	Transport fehlend Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	0	1
	Klasse C	Männlich	0	0
		Weiblich	3	1
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	1	0
	Klasse A	Männlich	1	1
		Weiblich	1	0

			Transport	
			Sehr stark Count	Stark Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	2
		Weiblich	0	2
	Klasse C	Männlich	1	3
		Weiblich	0	2
	Klasse B	Männlich	0	3
		Weiblich	0	2
	Klasse A	Männlich	1	4
		Weiblich	0	2

			Transport	
			Gering Count	Gar nicht Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	3	1
		Weiblich	11	3
	Klasse C	Männlich	4	1
		Weiblich	6	4
	Klasse B	Männlich	9	1
		Weiblich	10	0
	Klasse A	Männlich	8	1
		Weiblich	6	1

			Sonnenlicht	
			fehlend	Sehr stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	1
		Weiblich	1	0
	Klasse C	Männlich	0	0
		Weiblich	1	1
	Klasse B	Männlich	0	1
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	0	2
		Weiblich	0	2

			Sonnenlicht	
			Stark	Gering
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	4
		Weiblich	6	4
	Klasse C	Männlich	3	4
		Weiblich	2	7
	Klasse B	Männlich	2	9
		Weiblich	4	5
	Klasse A	Männlich	5	4
		Weiblich	4	2

			Sonnenlicht	Phäno- mene
			Gar nicht	fehlend
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1	0
		Weiblich	6	2
	Klasse C	Männlich	2	0
		Weiblich	2	1
	Klasse B	Männlich	1	0
		Weiblich	3	0
	Klasse A	Männlich	4	0
		Weiblich	1	0

			Phänomene	
			Sehr stark	Stark
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	4	2
		Weiblich	2	9
	Klasse C	Männlich	1	5
		Weiblich	4	4
	Klasse B	Männlich	4	5
		Weiblich	0	7
	Klasse A	Männlich	5	8
		Weiblich	5	1

			Phänomene	
			Gering	Gar nicht
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	0
		Weiblich	3	1
	Klasse C	Männlich	2	1
		Weiblich	4	0
	Klasse B	Männlich	3	1
		Weiblich	4	1
	Klasse A	Männlich	0	2
		Weiblich	3	0

			Wie viele Bücher?	
			fehlend	mehr als 7
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1	2
		Weiblich	1	3
	Klasse C	Männlich	0	3
		Weiblich	1	1
	Klasse B	Männlich	0	2
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	0	4
		Weiblich	0	2

Wie viele Bücher?

zwischen 3-4

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	1
		Weiblich	3
	Klasse C	Männlich	4
		Weiblich	2
	Klasse B	Männlich	3
		Weiblich	0
	Klasse A	Männlich	5
		Weiblich	2

Wie viele Bücher?

zwischen 1-2

keine

Count

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	4	0
		Weiblich	8	2
	Klasse C	Männlich	2	0
		Weiblich	7	2
	Klasse B	Männlich	6	2
		Weiblich	6	6
	Klasse A	Männlich	5	1
		Weiblich	5	0

Wie oft fernsehen?

fehlend

jeden Tag

Count

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	1	0
	Klasse C	Männlich	0	0
		Weiblich	1	0
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	0	0
		Weiblich	1	0

Wie oft fernsehen?

5-6-mal/Woche

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0
		Weiblich	0
	Klasse C	Männlich	0
		Weiblich	0
	Klasse B	Männlich	0
		Weiblich	0
	Klasse A	Männlich	0
		Weiblich	1

Wie oft fernsehen?

3-4-mal/Woche

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0
		Weiblich	1
	Klasse C	Männlich	1
		Weiblich	0
	Klasse B	Männlich	1
		Weiblich	0
	Klasse A	Männlich	7
		Weiblich	1

Wie oft fernsehen?

1-2-mal/Woche

Nie

Count

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	5	3
		Weiblich	8	7
	Klasse C	Männlich	6	2
		Weiblich	6	6
	Klasse B	Männlich	4	8
		Weiblich	4	8
	Klasse A	Männlich	6	2
		Weiblich	3	3

			Wie oft Internet?	
			fehlend	Sehr oft
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	3
		Weiblich	2	5
	Klasse C	Männlich	0	5
		Weiblich	1	5
	Klasse B	Männlich	0	2
		Weiblich	0	1
	Klasse A	Männlich	0	6
		Weiblich	0	4

			Wie oft Internet?	
			Oft	Wenig
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	3
		Weiblich	6	4
	Klasse C	Männlich	3	1
		Weiblich	2	4
	Klasse B	Männlich	7	4
		Weiblich	8	3
	Klasse A	Männlich	7	2
		Weiblich	4	1

			Wie oft In- ternet?	Familie/ Freunde
			Nie	fehlend
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	0
		Weiblich	0	1
	Klasse C	Männlich	0	0
		Weiblich	1	1
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	0	0
	Klasse A	Männlich	0	0
		Weiblich	0	0

			Familie/Freunde	
			Sehr oft	Oft
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	2
		Weiblich	2	3
	Klasse C	Männlich	0	0
		Weiblich	1	1
	Klasse B	Männlich	0	0
		Weiblich	1	1
	Klasse A	Männlich	6	5
		Weiblich	2	1

			Familie/Freunde	
			Wenig	Nie
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2	2
		Weiblich	7	4
	Klasse C	Männlich	8	1
		Weiblich	6	4
	Klasse B	Männlich	9	4
		Weiblich	3	7
	Klasse A	Männlich	3	1
		Weiblich	5	1

			Planetarium/Sternwarte	
			fehlend	Ja
			Count	Count
Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	0	6
		Weiblich	1	13
	Klasse C	Männlich	0	8
		Weiblich	1	12
	Klasse B	Männlich	0	11
		Weiblich	1	10
	Klasse A	Männlich	0	9
		Weiblich	1	8

Planeta-
rium/Stern-
warte

Nein

Count

Klassen/Schulen	Klasse D	Männlich	2
		Weiblich	3
	Klasse C	Männlich	1
		Weiblich	0
	Klasse B	Männlich	2
		Weiblich	1
	Klasse A	Männlich	6
		Weiblich	0

11.4.2 Korrelationen

Korrelationen Interesse an Physik – Geschlecht

			Physik	Geschlecht
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,203
		Sig. (2-seitig)	.	,307
		N	24	24
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,203	1,000
		Sig. (2-seitig)	,307	.
		N	24	24
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,213
		Sig. (2-seitig)	.	,317
		N	24	24
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,213	1,000
		Sig. (2-seitig)	,317	.
		N	24	24

Korrelation zwischen Interesse an dem Schulfach Physik und dem Geschlecht der Klasse A.

			Physik	Geschlecht
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,268
		Sig. (2-seitig)	.	,171
		N	25	25
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,268	1,000
		Sig. (2-seitig)	,171	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,279
		Sig. (2-seitig)	.	,176
		N	25	25
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,279	1,000
		Sig. (2-seitig)	,176	.
		N	25	25

Korrelation zwischen Interesse an dem Schulfach Physik und dem Geschlecht der Klasse D.

			Physik	Geschlecht
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,161
		Sig. (2-seitig)	.	,423
		N	25	25
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,161	1,000
		Sig. (2-seitig)	,423	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,163
		Sig. (2-seitig)	.	,435
		N	25	25
	Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,163	1,000
		Sig. (2-seitig)	,435	.
		N	25	25

Korrelation zwischen Interesse an dem Schulfach Physik und dem Geschlecht der Klasse B.

Korrelation Interesse an Physik - Interesse an Astronomie

			Physik	Astronomie
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,289
		Sig. (2-seitig)	.	,110
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,289	1,000
		Sig. (2-seitig)	,110	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,322
		Sig. (2-seitig)	.	,116
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,322	1,000
		Sig. (2-seitig)	,116	.
		N	25	25

Korrelation zwischen Interesse an dem Schulfach Physik und Astronomie der Klasse D.

			Physik	Astronomie
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,221
		Sig. (2-seitig)	.	,261
		N	22	22
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,221	1,000
		Sig. (2-seitig)	,261	.
		N	22	22
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,243
		Sig. (2-seitig)	.	,276
		N	22	22
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,243	1,000
		Sig. (2-seitig)	,276	.
		N	22	22

Korrelation zwischen Interesse an dem Schulfach Physik und Astronomie der Klasse C.

			Physik	Astronomie
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,103
		Sig. (2-seitig)	.	,577
		N	24	24
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,103	1,000
		Sig. (2-seitig)	,577	.
		N	24	24
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,108
		Sig. (2-seitig)	.	,614
		N	24	24
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,108	1,000
		Sig. (2-seitig)	,614	.
		N	24	24

Korrelation zwischen Interesse an dem Schulfach Physik und Astronomie der Klasse A.

Korrelation Interesse an Physik – Familie/Freunde

			Physik	Familie/Freunde
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,230
		Sig. (2-seitig)	.	,197
		N	25	25
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,230	1,000
		Sig. (2-seitig)	,197	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,270
		Sig. (2-seitig)	.	,191
		N	25	25
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,270	1,000
		Sig. (2-seitig)	,191	.
		N	25	25

Korrelation zwischen Interesse an Physik und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Das ist die Korrelation der Klasse D.

			Physik	Familie/Freunde
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,123
		Sig. (2-seitig)	.	,534
		N	22	22
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,123	1,000
		Sig. (2-seitig)	,534	.
		N	22	22
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,131
		Sig. (2-seitig)	.	,562
		N	22	22
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,131	1,000
		Sig. (2-seitig)	,562	.
		N	22	22

Korrelation zwischen Interesse an Physik und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Das ist die Korrelation der Klasse C.

			Physik	Familie/Freunde
Kendall-Tau-b	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,038
		Sig. (2-seitig)	.	,847
		N	25	25
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,038	1,000
		Sig. (2-seitig)	,847	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Physik	Korrelationskoeffizient	1,000	,038
		Sig. (2-seitig)	.	,857
		N	25	25
	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	,038	1,000
		Sig. (2-seitig)	,857	.
		N	25	25

Korrelation zwischen Interesse an Physik und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Das ist die Korrelation der Klasse B.

Korrelation Interesse an Astronomie – Familie/Freunde

			Familie/Freunde	Astronomie
Kendall-Tau-b	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,168
		Sig. (2-seitig)	.	,387
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,168	1,000
		Sig. (2-seitig)	,387	.
		N	25	25
Spearman-Rho	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,176
		Sig. (2-seitig)	.	,400
		N	25	25
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,176	1,000
		Sig. (2-seitig)	,400	.
		N	25	25

Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Das ist die Korrelation der Klasse B

			Familie/Freunde	Astronomie
Kendall-Tau-b	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,254
		Sig. (2-seitig)	.	,156
		N	24	24
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,254	1,000
		Sig. (2-seitig)	,156	.
		N	24	24
Spearman-Rho	Familie/Freunde	Korrelationskoeffizient	1,000	,292
		Sig. (2-seitig)	.	,166
		N	24	24
	Astronomie	Korrelationskoeffizient	,292	1,000
		Sig. (2-seitig)	,166	.
		N	24	24

Korrelation zwischen Interesse an Astronomie und der Häufigkeit mit der zu Hause oder mit Freunden über physikalische und astronomische Phänomene gesprochen wird. Das ist die Korrelation der Klasse C.

13. Abstract

12.1 Deutsche Version

Schülervorstellungen sind ein essentieller Bestandteil der fachdidaktischen Forschung in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern. Diese sogenannten Alltagsvorstellungen entwickeln sich, wie der Name schon verrät, in einem Wechselspiel zwischen Alltagserfahrungen, Erproben und Weiterentwickeln schon vorhandener Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler. Sie erweisen sich teilweise als besonders hartnäckig gegen wissenschaftlich anerkannte Konzepte und schaffen somit Lernschwierigkeiten. Die Aufgabe des Lehrpersonals ist es, durch eine sorgsame Planung und Berücksichtigung solcher Schülervorstellungen diese zu überwinden. Im Rahmen meiner Diplomarbeit wurde eine empirische Untersuchung zu den Präkonzepten zur Sonne mit Hilfe von Concept Cartoons durchgeführt. Untersuchungsgegenstand bildeten vier 3. Klassen (Sekundarstufe I) der Allgemeinbildenden Höheren Schulen (AHS). Durch die Kombination aus qualitativen (Concept Cartoons) und quantitativen (Fragebogen) Forschungsinstrumenten konnten einige Schülervorstellungen zur Sonne und dem Interesse an der Astronomie festgestellt werden. Unter anderem wird die Oberfläche der Sonne als Lava aufgefasst und Sonnenflecken sind Gesteinsinseln, die auf dieser Lava schwimmen. Außerdem wird von den Schülerinnen und Schüler angenommen, dass die Sonne Materie verbrennt und dadurch uns mit Licht und Wärme versorgt, die Analogie zu einem Ofen oder einem Lagerfeuer wird dabei explizit erwähnt. Um die verbrauchte oder überschüssige Materie, welche die Sonne nicht weiter benötigt entsorgen zu können, entstehen sogenannte Protuberanzen, die die Materie in das Weltall befördern.

Stichwörter: Schülervorstellungen, Concept Cartoons, Sonne, Astronomie, Studie

12.2 Englische Version

Student misconceptions are an essential part of the educational learning process in natural science school subjects. These so called “everyday life concepts” are developed, as the name suggests, in an interaction of everyday life experiences. As students interact with these concepts, they are applied and properly adjusted as they see fit, both in academic settings and in their real-world experiences. These misconceptions show themselves sometimes to be especially persistent against scientifically approved concepts and often lead to learning difficulties. The teacher’s role is to help overcome these student misconceptions through thoughtful planning and consideration. In the course of this thesis, an empirical research of the misconceptions of the sun with concept cartoons was realized. The subjects of this research were four 3rd grade classes in a secondary/middle school setting (lower level). Through the combination of qualitative (concept cartoons) and quantitative (questionnaire) research instruments, some students’ misconceptions about the sun and their interest of astronomy could be established. For example, the surface of the sun is considered to be made of lava on which sunspots are swimming islands of stone. Furthermore, students believe that the sun is burning material to provide us with light and warmth. The analogy between the sun and an oven or a campfire is also explicitly mentioned. To get rid of the excessive or consumed material, which the sun doesn't need anymore, so-called solar prominences emerge on the sun's surface to carry the material in the universe.

Keywords: scientific misconceptions, concept cartoons, sun, astronomy, research